

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

«На правах рукопису»
УДК 621. 9. 05

До захисту допущено
В.о. завідувача кафедри

(підпис) Ю.В.Петраков
(ініціали, прізвище)
“ ____ ” _____ 2019 р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
зі спеціальності 131 Прикладна механіка. Технології машинобудування

на тему Підвищення точності токарного оброблення нежорстких деталей
типу кілець.

Виконав (-ла): студент (-ка) _____
II курсу , групи МТ – 72мп

Когунь Василь Вячеславович

(прізвище ім'я по батькові)

(підпис)

Науковий керівник д.т.н., професор Воронцов Б.С

(посада, науковий ступінь та вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант з розділу

(посада, науковий ступінь та вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент:

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ - 2019

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра технології машинобудування

Рівень вищої освіти другий (магістерський) за освітньо-професійною
програмою

Спеціальність 131 Прикладна механіка
Спеціалізація «Технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ **Ю.В. Петраков**
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2019 р.

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ

Козунь Василь Вячеславович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації **Підвищення точності токарного оброблення**
нежорстких деталей типу кілець

науковий керівник дисертації **Воронцов Б.С., д.т.н., професор,**

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від **“31” жовтня 2019 року № 3800-с**

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження - складова частина технологічної системи верстата –
верстатне оснащення, а саме затискний патрон

4. Вихідні дані Предмет дослідження – вплив характеристик тонкостінної
деталі та затискного патрона на точність обробки

5. Перелік завдань, які потрібно розробити Аналітичне дослідження точності
обробки нежорстких деталей типу кілець. Розробка конструкції
приспособування, що забезпечує точність форми і виконуваних розмірів
оброблюваної заготовки Технологічне забезпечення ефективності процесів
лезової обробки нежорстких деталей

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу презентація
PowerPoint

7. Орієнтовний перелік публікацій Воронцов Б.С., Когунь В. «Тенденції підвищення точності токарного оброблення нежорстких кільцевих деталей», викладено у збірнику матеріалів конференції (№41 у 2019 році) «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації», від 31 жовтня 2019р. м. Переяслав-Хмельницький, Україна - 3 с.

8. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд літературних джерел	01.10.2019	
2	Ознайомлення з існуючими на ринку матеріалами і технологіями	15.10.2019	
3	Формування теоретичних засад проведення дослідження	22.10.2019	
4	Підготовка до публікацій статті або тез	25.10.2019	
5	Виконання розрахунків та моделювання	30.11.2019	
6	Аналіз результатів	03.12.2019	
7	Підготовлення магістерської дисертації	12.12.2019	
8	Попередній захист та рецензування	14.12.2019	

Студент _____ Когунь В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Науковий керівник дисертації _____ Воронцов Б.С
(підпис) (прізвище та ініціали)

Зміст

Реферат	5
Вступ	8
1 Загальні відомості про нежорсткі деталі	9
1.1 Призначення, конструкції і технологічні особливості застосування пристроїв для обробки нежорстких деталей	9
1.2 Технологічні особливості обробки нежорстких деталей типу кілець	17
1.3. Мета і завдання дослідження	27
2 Аналітичне дослідження точності обробки нежорстких деталей типу кілець	28
2.1 Зусилля, що визначають деформацію заготовки і оснащення	29
2.2 Пружна деформація заготовки	27
2.3 Дослідження впливу кута обхвату кулачків на точність обробки	39
3 Розробка конструкції пристосування, що забезпечує точність форми і виконуваних розмірів оброблюваної заготовки	40
3.1 Методологічні підходи до проектування	40
3.2. Запропоновані конструкції затискних патронів для базування та затиску тонкостінних кілець	41
3.3. Методологія розрахунків затискних патронів для базування та затиску тонкостінних кілець	45
4 Розроблення стартап - проекту	52
5 Висновки	67
6 Література	68
7 Додатки	

Реферат

Магістерська дисертаційна робота «Підвищення точності токарного оброблення нежорстких деталей типу кілець» складається із змісту, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. Робота містить 74 сторінок тексту, 31 рисунок, 2 таблиць, 22 найменування використаних літературних джерел.

Актуальність теми. Проблема зменшення похибок при токарному обробленні тонкостінних кільцевих деталей є актуальною в науковому і прикладному аспектах. Бо для сучасного машинобудування актуальним є зниження ваги деталей. У багатьох випадках це диктує необхідність використання високоточних виробів з малою товщиною стінок. Цю обставину треба враховувати при розробці технологічних процесів їх виготовлення та використання, бо саме вони часто виконують основні функції і гарантують надійність і довговічність роботи машин.

В дисертації розглянуто питання підвищення точності токарного оброблення обробки кільцевих тонкостінних деталей на основі дослідження характеристик системи затискний патрон, пошуку нових конструктивних рішень затискних патронів. Проаналізовані призначення, конструкції і технологічні особливості застосування пристроїв для обробки нежорстких деталей, технологічні особливості обробки нежорстких деталей типу кілець. Дослідження виконані з використанням методу розрахунку деформації при затиску тонкостінних заготовок типу тіл обертання широкими затискними елементами з статичним та динамічним навантаженням.

У рамках даної роботи приведені результати теоретичного дослідження впливу умов контакту затискного елемента з оброблюваною поверхнею на якість і точність обробки.

Метою роботи є підвищення точності та продуктивності токарного оброблення тонкостінних кільцевих деталей.

Завданням дослідження є теоретичні і експериментальні дослідження технологічних можливостей процесу токарного оброблення тонкостінних деталей та вплив на якість деталей.

Об'єкт дослідження – складова частина технологічної системи верстата – верстатне оснащення, а саме затискний патрон..

Предмет дослідження – вплив характеристик тонкостінної деталі та затискного патрона на точність обробки.

Мета дослідження: Теоретичні методи: теорія пружності, теорія обробки матеріалів різанням, технологія машинобудування, проектування оснащення для базування та обробки деталей.

Наукова новизна роботи полягає в удосконаленні технології обробки різанням тонкостінних нежорстких деталей з закріпленням їх в верстатному оснащенні зі створенням найбільш сприятливих умов контакту затискного елемента з оброблюваною поверхнею.

Практичне значення: Встановленні оптимальні види верстатного оснащення, які дозволяють як найкраще використовувати можливості сучасних високошвидкісних верстатів.

Публікації:

Воронцов Б.С., Когунь В. «Тенденції підвищення точності токарного оброблення нежорстких кільцевих деталей», викладено у збірнику матеріалів конференції (№41 у 2019 році) «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації», від 31 жовтня 2019р. м. Переяслав-Хмельницький, Україна - 3 с.

Ключові слова: затискний патрон, затискний кулачок, деталь, обробка, кільце, точність, жорсткість.

Abstract

Master's thesis "Improving the accuracy of turning non-rigid parts such as rings" consists of content, introduction, four sections, conclusions, a list of used

literature and applications. The work contains 74 pages of text, 31 figures, 2 tables, 22 names of used literature sources.

Actuality of theme. The problem of reducing errors in the turning of thin-walled annular parts is relevant in the scientific and applied aspects. Because in modern mechanical engineering, weight reduction is relevant. In many cases, this necessitates the use of high-precision products with a small wall thickness. This fact should be taken into account in the development of technological processes for their manufacture and use, because they often perform the basic functions and guarantee the reliability and durability of the machines.

In the dissertation the questions of increase of accuracy of turning processing of processing of ring thin - wall details are considered on the basis of research of characteristics of system of a clamping cartridge, search of new constructive decisions of clamping cartridges. The purpose, design and technological features of the application of devices for machining non-rigid parts, technological features of processing non-rigid parts such as rings are analyzed. The studies were performed using the method of calculation of deformation in the clamping of thin-walled workpieces such as rotating bodies with wide clamping elements with static and dynamic loading.

The results of the theoretical study of the influence of the contact conditions of the clamping element with the machined surface on the quality and precision of machining are presented in the framework of this work.

The purpose of this work is to improve the accuracy and productivity of turning thin-walled annular parts.

The objective of the study is theoretical and experimental research of technological capabilities of the process of turning thin-walled parts and influence on the quality of parts.

The object of study is an integral part of the technological system of the machine - machine tool, namely a clamping cartridge ..

The subject of the study is the influence of the characteristics of the thin-walled part and the clamping cartridge on the precision of machining.

Purpose of the research: Theoretical methods: theory of elasticity, theory of processing of materials by cutting, technology of mechanical engineering, designing of equipment for basing and processing of details.

The scientific novelty of the work is to improve the technology of machining by cutting thin-walled non-rigid parts with fixing them in machine tools with the creation of the most favorable conditions of contact of the clamping element with the machined surface.

Practical value: Establish optimal types of machine tools that allow the best use of modern high-speed machine tools.

Posts:

Vorontsov BS, Kogun V. "Trends in improving the accuracy of turning of non-rigid ring parts", are presented in the conference proceedings (№41 in 2019) "Trends and prospects for the development of science and education in the conditions of globalization", October 31, 2019. Pereyaslav-Khmelnytsky, Ukraine - 3 p.

Keywords: clamping chuck, clamping cam, part, machining, ring, precision, rigidity.

ВСТУП

Підвищення якості деталей є пріоритетним напрямком удосконалення сучасного машинобудівного виробництва. Широкий парк верстатів з числовим програмним управлінням створює необхідні умови для підвищення точності обробки заготовок. Маложорсткі деталі типу кілець (з відношенням товщини до діаметра до 0,2) вимагають особливого підходу при їх обробці, так як значні пружні деформації деталі, що виникають в процесі різання, призводять до похибок її розмірів і форми.

Виробництво таких виробів нерозривно пов'язано із зростанням обсягу виготовлення нежорстких деталей високої точності, які широко використовуються в авіаційній, верстатобудівній, суднобудівній та ін. галузях промисловості. У зв'язку з цим виникає потреба запровадження в технологічний процес додаткових операцій шліфування і доведення, що не тільки збільшує собівартість виготовлення деталей, але і зумовлює появу пригорянь, тріщин, шаржування поверхонь. При обробці нежорстких деталей використання таких операцій може викликати температурну деформацію і збільшити похибка обробки.

Але з часом кількість і номенклатура маложорстких деталей тільки буде зростати. У найближчі роки цифрові технології і застосування штучного інтелекту революціонізує процеси маніпулювання і затиску нежорстких деталей.

В даний час можна виділити два основних напрямки розвитку: з одного боку, помітна тенденція до спрощення, тобто легкому освоєнню та інтуїтивному керуванню системами затиску. З іншого боку, спостерігається тенденція до використання «розумних» рішень: все більше і більше функцій, датчиків і «інтелектуальних» функцій інтегруються безпосередньо в компоненти систем затиску.

Програмування затискних систем майбутнього інтуїтивно зрозуміло, а самі системи призначені для гнучкого використання.

У рамках даної роботи приведені результати теоретичного дослідження впливу умов контакту затискного елемента з оброблюваною поверхнею на якість і точність обробки.

Метою роботи є підвищення точності та продуктивності токарного оброблення тонкостінних кільцевих деталей.

Завданням дослідження є теоретичні і експериментальні дослідження технологічних можливостей процесу токарного оброблення тонкостінних деталей та вплив на якість деталей.

Об'єкт дослідження – складова частина технологічної системи верстата – верстатне оснащення, а саме затискний патрон..

Предмет дослідження – вплив характеристик тонкостінної деталі та затискного патрона на точність обробки.

Мета дослідження: Теоретичні методи: теорія пружності, теорія обробки матеріалів різанням, технологія машинобудування, проектування оснащення для базування та обробки деталей.

Наукова новизна роботи полягає в удосконаленні технології обробки різанням тонкостінних нежорстких деталей з закріпленням їх в верстатному оснащенні зі створенням найбільш сприятливих умов контакту затискного елемента з оброблюваною поверхнею.

Практичне значення: Встановленні оптимальні види верстатного оснащення, які дозволяють як найкраще використовувати можливості сучасних високошвидкісних верстатів.

Публікації:

Воронцов Б.С., Когунь В. «Тенденції підвищення точності токарного оброблення нежорстких кільцевих деталей», викладено у збірнику матеріалів конференції (№41 у 2019 році) «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації», від 31 жовтня 2019р. м. Переяслав-Хмельницький, Україна - 3 с.

Ключові слова: затискний патрон, затискний кулачок, деталь, обробка, кільце, точність, жорсткість.

1. Загальні відомості про нежорсткі деталі

1.1. Призначення, конструкції і технологічні особливості застосування пристроїв для обробки нежорстких деталей

Згідно ISO 10579: 1993 «Основні норми взаємозамінності. Призначення розмірів і допусків для нежорстких деталей» нежорстка деталь – це деталь, яка деформується до такої міри, що у вільному стані виходить за межі допусків розмірів і (або) форми і розташування, що відносяться до деталі в закріпленому стані [1].

Класифікація нежорстких деталей приведена в енциклопедії «Машинобудування», Т. 3 [2].

В енциклопедії [2] виділяються наступні основні типи деталей малої жорсткості:

1. Довгі планки різної конструкції;
2. Тонкі плити і пластини;
3. Тонкі диски і круглі пластини;
4. Довгі вали, шпинделі, стрижні;
5. Закручені деталі типу стрижнів і пластин;
6. Колінчасті вали;
7. Тонкостінні циліндри, кільця, втулки, вкладиші підшипників;
8. зубчасті колеса і зубчасті муфти з тонким ободом;
9. Корпусні деталі з тонкими стінками, деталі коробчастої форми [2].

За ознакою жорсткості кільцеві деталі, що розглядаються у роботі [3]., можна поділити умовно на наступні групи:

1) товстостінні або нормальної жорсткості з співвідношенням зовнішнього діаметра D_H до товщини h стінки деталі $\frac{D_H}{h} \leq 15$;

2) пониженої жорсткості з співвідношенням зовнішнього діаметра D_H до товщини h стінки деталі $15 \leq \frac{D_H}{h} \leq 18$;

3) тонкостінні або пониженої жорсткості з співвідношенням зовнішнього діаметра D_H до товщини h стінки деталі $\frac{D_H}{h} > 18$.

В дисциплінах «Опір матеріалів» [4] та «Теорія пружності» [5] до тонкостінних належать деталі з співвідношенням $\frac{h}{D_H} \leq 0,2$.

Кільцеві тонкостінні деталі, які виконують функції опорних, несучих, компенсаційних, пружно-деформуючих та інших елементів сучасних машин, являють собою осесиметричні тіла обертання. Для них характерно відношення довжини L до зовнішнього діаметра D_H , значно менше від одиниці і знаходиться в межах [4]:

$$c = \frac{L}{D_H} = 0.1 \dots 0.3$$

При обробці таких деталей з рекомендованими в каталогах режимами різання виникають великі деформації ділянок з низькою жорсткістю. Коли немає можливості застосовувати додаткове обладнання, що дозволяє підвищити жорсткість технологічної системи, на виробництві змушені застосовувати занижені режими різання і т.і. Це дозволяє знизити виникають сили різання, а значить зменшити пружні деформації, які і визначають точність обробки [9].

Від деформацій заготовок при їх обробці в кінцевому рахунку залежить якість, термін служби і надійність одержуваного виробу. З ускладненням техніки та посиленням технічних вимог підвищуються і вимоги до точності обробки деталей. При цьому, чим вище вимоги до точності форми поверхні деталей, тим більш трудомістким стає процес їх виготовлення і тим вище витрати.

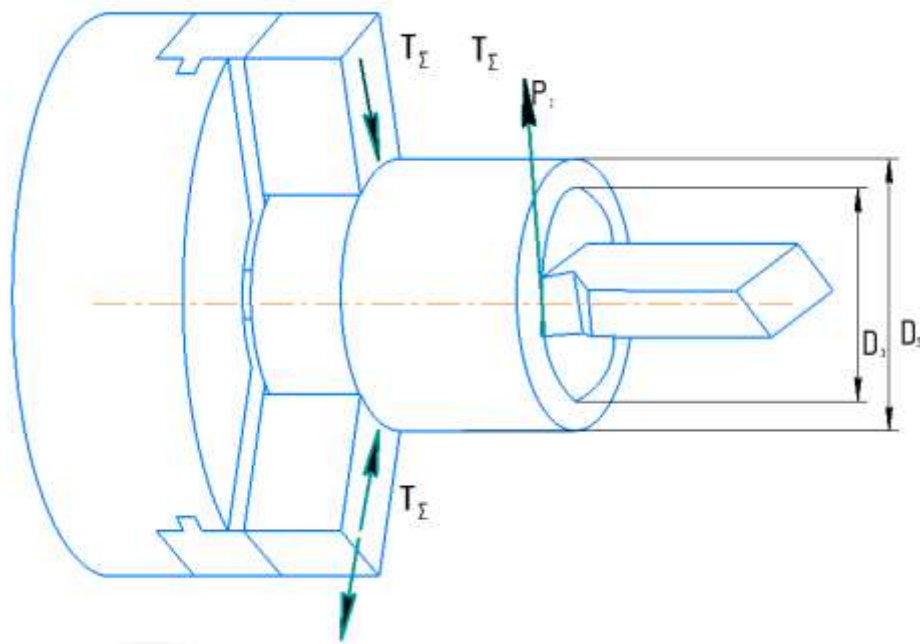


Рис. 1.1. Силіві фактори обробки нежорсткої кільцевої деталі: P_z - тангенціальна складова сили різання, T_Σ - сумарне зусилля затиску, F_o та F_T - сили тертя на затискних елементах, M_p - момент сил різання

На пружні деформації в технологічній системі можна вплинути декількома способами, але для цього необхідно встановити, від чого залежать ці деформації. Відповідно до теорії опору матеріалів, пружні деформації в діаметральному напрямку в технологічній системі прямо пропорційні виникають напруженням, в даному випадку силі різання, і обернено пропорційні жорсткості всієї системи. Це ж правило поширюється і на обробку заготовок на верстатному обладнанні і виражається наступною залежністю

$$j = \frac{P_x}{y}$$

де P_y – радіальна складова сили різання, Н; y - величина деформації заготовки, мм; j - жорсткість технологічної системи, Н/мм.

Залежність пружних відтискань технологічної системи від прикладеної сили рідко виражається прямолінійним законом і визначається експериментально.

Жорсткість будь-якого вузла не є величиною цілком постійною або стабільною величиною.

На зміну жорсткості впливають: зазори в сполученнях, ступінь зтяжки, якість обробки і знос сполучених поверхонь, температурні умови і інші фактори. При зносі верстата жорсткість його основних вузлів помітно знижується. Вплив перерахованих причин важко регламентувати в установлених межах. Тому випадкове коливання жорсткостей елементів і технологічної системи в цілому неминуче. При повторних випробуваннях, проведених через деякий час, форми кривих, що характеризують відтискання пружної системи верстата, не співпадають і значення жорсткостей часто відрізняються більш ніж на 5—10%. Таке коливання жорсткості є наслідком того, що стан і умови роботи верстата непостійні. що на зміну жорсткості впливають: зазори в спряженнях, ступінь зтягування спряжень, якість обробки і знос зв'язаних поверхонь, температурні умови і інші чинники [10].

Приймаючи жорсткість вузлів та інших ланок технологічної системи за постійну середню розрахункову величину, значно спрощуються розрахунки пружних переміщень технологічної системи.

$$y_{\Sigma} = y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_i$$

Або з врахуванням жорсткостей:

$$y_{\Sigma} = P_y \left(\frac{1}{J_1} + \frac{1}{J_2} + \frac{1}{J_3} + \dots + \frac{1}{J_i} \right)$$

з врахуванням податливостей:

$$y_{\Sigma} = P_y (\Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3 + \dots + \Pi_i)$$

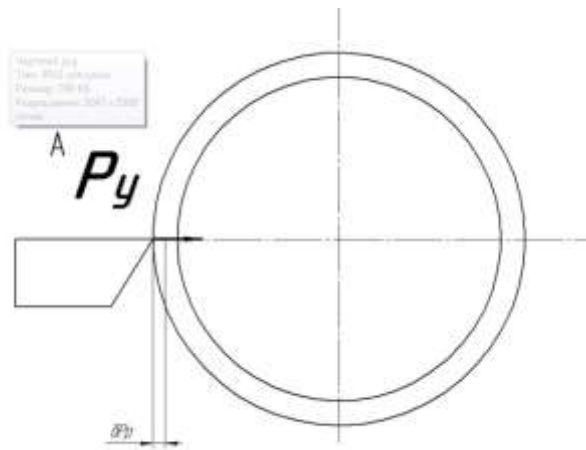


Рис.1.2. Вплив радіальної складової сили різання на деформацію кільцевої деталі

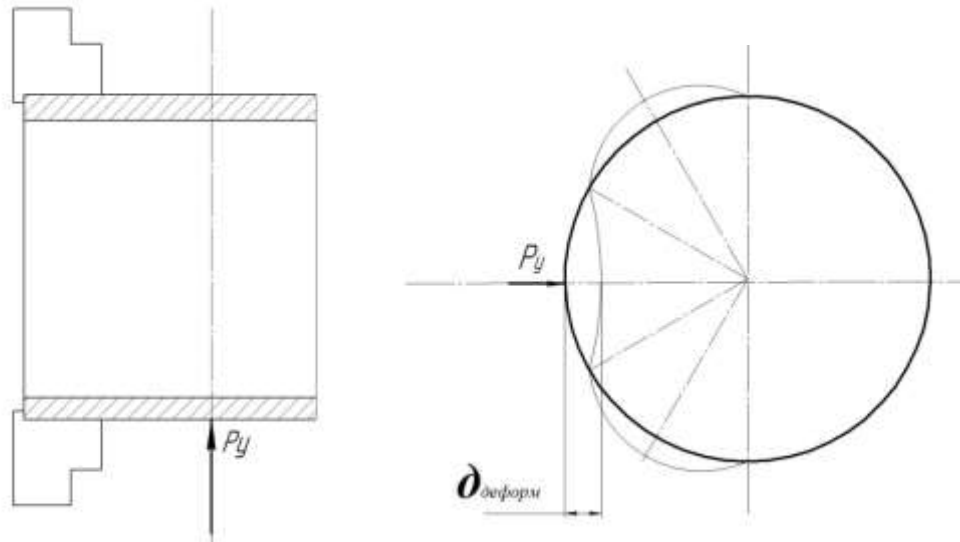


Рис. 1.3. Вплив радіальної складової сили різання на деформацію кільцевої деталі

Величина максимальної похибки розмірів деталі, яка при токарній обробці симетрична щодо осі обертання, дорівнює $2y_{\Sigma}$.

Згідно вищезазначеної, для зниження пружних деформацій в технологічній системі необхідно підвищувати її жорсткість, або знижувати виникають сили різання.

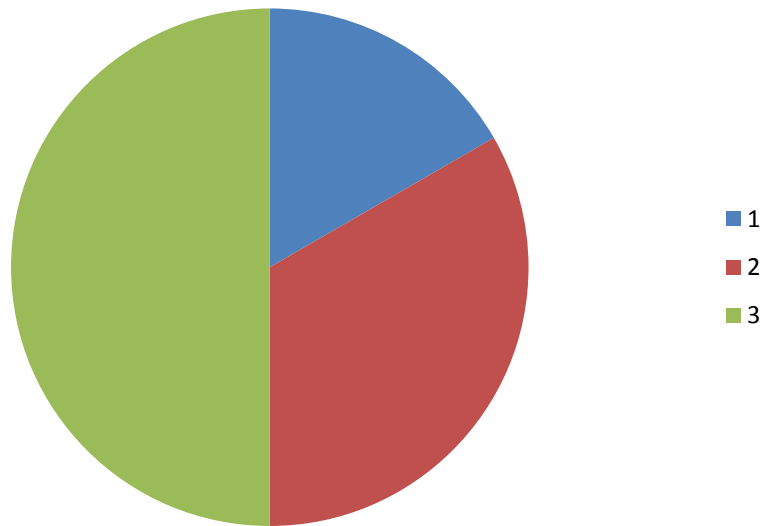


Рис.1.4. Похибки обробки нежорстких деталей: 1-обумовлені пружними деформаціями, 2 - обумовлені тепловими деформаціями, 3 – обумовлені точністю верстата

Існують наступні види похибок, що визначають точність обробки [2]:

1) точність відтворення формотворчих рухів - відхилення осі обертання заготовки і неточність позиціонування різця внаслідок недостатньої жорсткості технологічної системи [9];

2) вібрації і пружні деформації заготовки, інструменту, задньої і передньої бабок верстата;

3) похибка автоматичної зміни інструменту;

4) теплові деформації вузлів верстата;

5) похибка установки заготовки в патроні [9];

6) теплові деформації оброблюваної заготовки і інструмента [1];

7) розмірний знос інструменту;

8) похибка налагодження інструменту на розмір [];

9) нагрів МОР і недостатньо рясний полив зони різання МОР [];

10) прийняті режими обробки [2];

11) випадкові похибки.

В процесі точіння тіл обертання з малою жорсткістю під дією ріжучої сили P_y відбуваються пружні деформації, що негативно впливають на

точність обробленої поверхні. Внаслідок цього з'являється похибка у вигляді бочкоподібності, сідлоподібності або комбінації даних похибок в залежності від жорсткості верстата і його окремих частин.

Щоб запобігти цьому, застосовують різні технологічні засоби для підвищення точності обробки (рис.1.5).

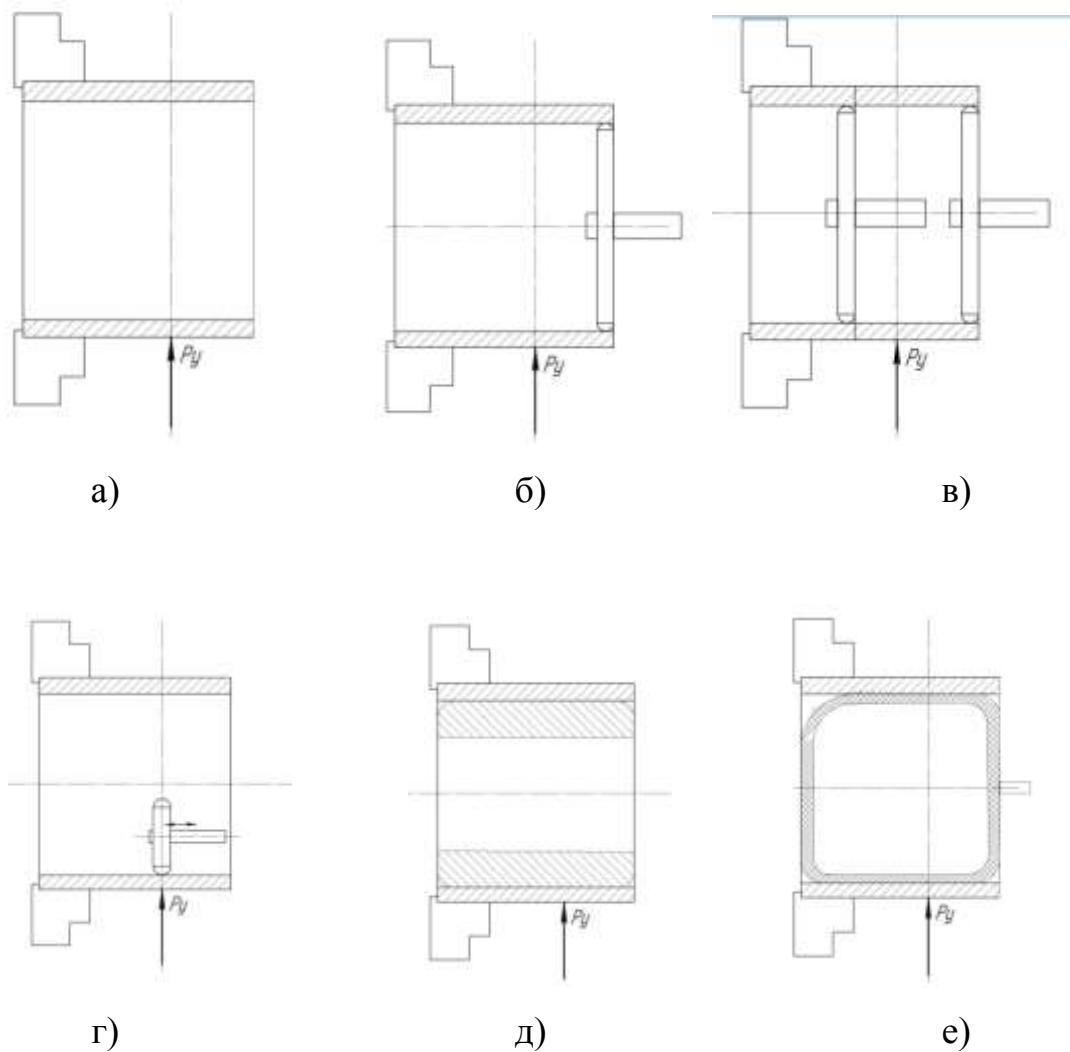


Рис.1.5. Способи базування і закріплення тонкостінних деталей на верстаті: а) в звичайному затискному патроні, б) в звичайному затискному патроні з підтисканням по торцю, в) в звичайному затискному патроні з підтисканням по торцю та всередині деталі, г) в спеціальному затискному патроні з протидією радіальній складові сили різання, д) в спеціальному затискному патроні з гідропластом, е) в спеціальному оболонковому затискному патроні

На основі розрахунку деформації при постійній глибині різання в ряді робіт [20] пропонується визначити похибку, яку необхідно в подальшому компенсувати за допомогою спеціального розрахунку. Він дозволяє проводити компенсацію за рахунок попереднього виправлення траєкторії на етапі програмування керуючої програми. Тим самим, в процесі точіння буде отримано необхідний діаметр з мінімальними похибками, що в свою чергу позитивно впливатиме на скорочення додаткової обробки для видалення похибок форми і підвищення якості обробки деталі.

Вихідними параметрами деталей типу кілець є точність форми, шорсткість, рівень напружень і рівномірність їх розподілу по поверхні або обсягу деталі і ряд інших. Технологічне оснащення має найбільший вплив на формування перших трьох параметрів.

Закріплення некруглих кілець з реальною затискною поверхнею призводить до нівелювання радіусів кільця в різних точках за рахунок поступового включення в процесі закріплення все нових кулачків патрона.

В залежності від похибок форми кілець, закріплених в 12-кулачковому патроні, в роботі беруть участь десять, чотири, три сили затиску, величини яких істотно відрізняються один від одного. Кількість сил закріплення безпосередньо пов'язано з особливостями профілю затискної поверхні. У разі закріплення овального кільця в роботі беруть участь тільки три сили, а решта дев'ять навіть не контактують з настановної поверхнею. При подальшому збільшенні сил в роботу будуть включатися нові кулачки.

1.2 Технологічні особливості обробки нежорстких деталей типу кілець

Нежорсткість конструкції тонкостінної деталі накладає значні обмеження на виконання технологічного процесу її обробки. Це стосується вибору та призначення режимів різання, верстатного оснащення, ріжучого інструменту та ін..

Система закріплення тонкостінної деталі – це підсистема функціональної «Системи деталі», яка активно пов'язана з інструментальною, кінематичною, інформаційною і енергосистемою. На практиці системи для закріплення деталі називають також затискними пристроями або затискними пристосуваннями [9].

Найбільш розповсюдженим верстатним оснащенням для сучасного машинобудівного дрібносерійного виробництва є затискні патрони. І в подальшому саме цим пристроям буде приділена увага.

Значення відхилення розміру поверхні від номінального значення Δd визначає два типи конструкцій патронів для затиску по зовнішній поверхні: 1) патрони для затиску по обробленій поверхні; 2) патрони для затиску по необробленій поверхні. Перші з них повинні мати мінімум ланок по напрямку затиску для забезпечення точності та жорсткості конструкції. Другі повинні мати додаткові ланцюги та елементи для переміщення затискних елементів, або мати механізм самоналагодження та само встановлення.

Зміщення призводять до різностінності кілець, яка вирішальним чином впливає на надійність роботи конструкції. Закріплення деталей типу кілець радіальними силами викликає також спотворення торцевих поверхонь, поява на них характерних хвиль, розташування яких пов'язане з положенням затискних елементів щодо заготовки. Ця обставина має бути врахована при обробці точних кілець. Процес закріплення заготовок, навіть при малих силах, супроводжується пластичною деформацією закріплюється поверхні, тобто її наклепом. В окремих випадках наклепаного зона може

поширюватися глибше того шару, який підлягає видаленню на наступній операції. У місцях контакту можуть залишатися істотні за величиною напруги. Сили різання, що виникають на наступній операції, також створюють напруження. Складань напруг може спричинити виникнення дефектів в поверхневому шарі, зокрема мікроскопічних тріщин.

На рис.1.2. наведено аналіз впливу параметрів верстаного оснащення на точність обробки нежорстких деталей типу кілець. Очевидно, що головними чинниками є геометричні параметри затискного патрона: вид передавально – підсилюючої ланки чи механізму (клиновий, важільний, пружний, комбінований чи ін.), напрямок (радіальний, осьовий чи комбінований та вид (сила чи момент) прикладення зусилля затиску, параметри кулачків та їх кількість та інші), параметри деталі та параметри процесу різання. На виході отримуємо, що на точність обробки нежорстких деталей впливає:

- Динамічна складова сили затиску;
- Необхідне статичне зусилля;
- Необхідне ефективне зусилля затиску.

На рис.1.3. наведено основні методолічні підходи до класифікації патронів по напрямку прикладення зусилля затиску: радіальне, радіальне – осьове та осьове. Це дає можливість прогнозувати та вибирати найкращий варіант затискного пристрою з врахуванням параметрів затискного патрона, деталі та параметрів процесу різання, напрямку і виду зусилля затиску [9, 14].

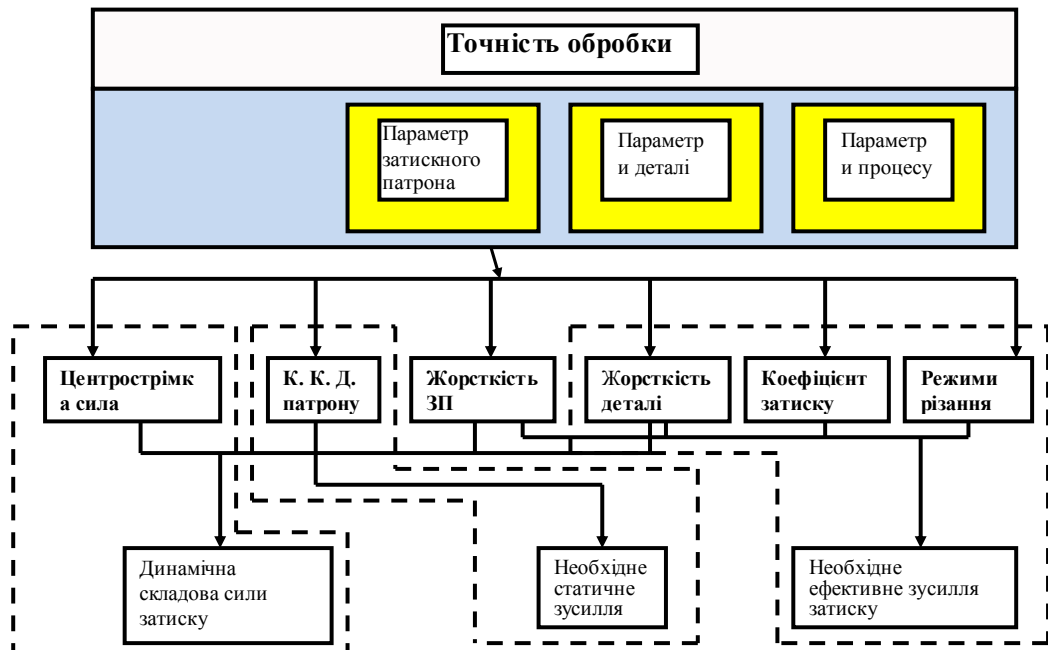


Рис.1.7. Вплив параметрів затискного патрона на точність обробки нежорстких деталей типу кілець

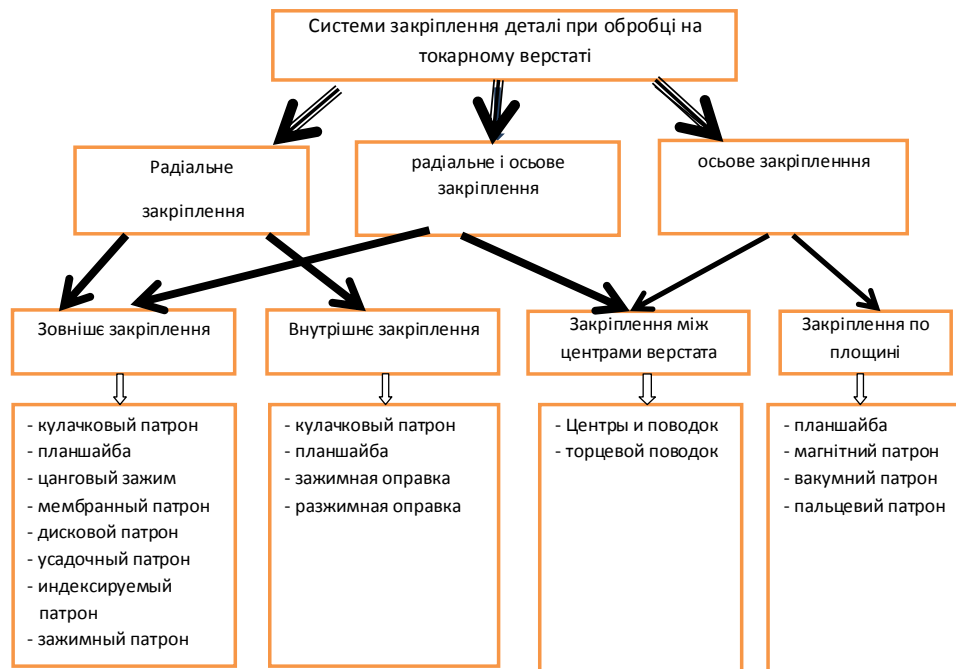


Рис.1.8. Основні методолічні підходи до класифікації патронів по напрямку і виду зусилля затиску

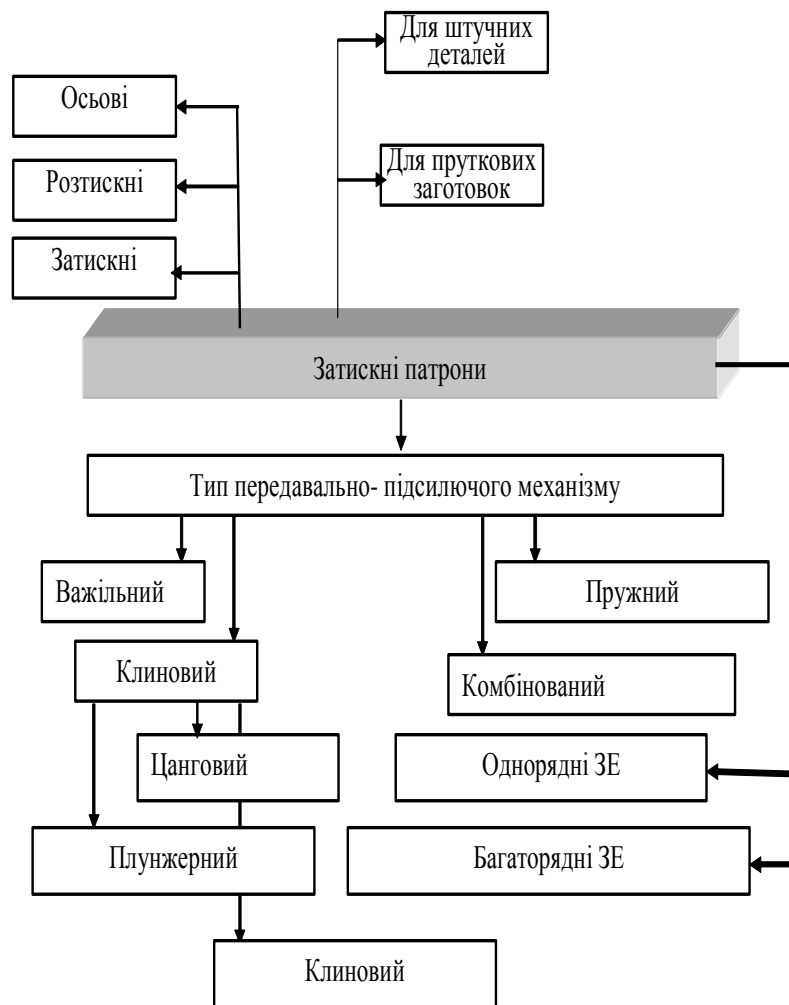


Рис. 1.9. Класифікація затискних патронів по виду передавально – підсилюючої ланки чи механізму



Рис.1.10. Конструктивна реалізація затискних патронів в залежності від напрямку зусилля затиску

Обробка точних, «нежорстких» кілець є процес вельми складний і трудомісткий, тому питання підвищення ефективності обробки таких валів особливо актуальні. Аналіз конструкторсько-технологічних характеристик великої кількості деталей типу «кільце» показав, що у виробках різного призначення застосовують ступінчасті, гладкі, фланцеві та інші поверхні. Особливу складність при виготовленні мають відносно довгі, «нежорсткі» кільця. Вибір структури операцій залежать від програми випуску, конфігурації елементарних оброблюваних поверхонь і відносної довжини, що визначають їх жорсткість.

Проведений аналіз технічних вимог, що пред'являються до деталей типу «кілець» показав, що при розробці технології виготовлення, як правило, потрібно витримати високі вимоги до точності розмірів, шорсткості, відхилень форми і прямолінійності поверхонь. Виникаючі похибки обробки «нежорстких» кілець пов'язані не тільки з процесом механічної обробки, певним станом технологічної системи, але і з похибками, що виникають на попередніх операціях. Обробці кілець присвячено досить велику кількість робіт, проте в них не враховані особливості проектування технологічних процесів обробки «нежорстких» кілець на верстатах з ЧПУ в умовах дрібносерійного виробництва. У них не враховано вплив конструкторсько-технологічних характеристик деталей однієї технологічної спільності на структуру операцій при розробці розрахунково-технологічних карт, виборі схем обробки і технологічного процесу в цілому.

В умовах багатомономенклатурного виробництва, все більш застосовуються верстати з ЧПУ, які забезпечують гнучку переналагодження технологічної системи і в зв'язку з цим постає завдання вдосконалення методів проектування технологічного процесу і технологічної підготовки виробництва, які б в повній мірі враховували і більш повно використовували технологічні можливості верстатів з ЧПУ. Обробка «нежорстких» кілець представляє великі труднощі, пов'язані з нежорсткими заготовки, що вимагає спеціального оснащення, вибору режимів різання, що знижують вплив пружних деформацій на точність обробки.

Проектування токарних операцій обробки «нежорстких» валів вимагає дослідження факторів, що визначають формування і вибір структури технологічної операції, критеріїв оцінки, вибору схем і режимів обробки. З цією метою були проаналізовані схеми обробки «нежорстких» кілець з різною відносною довжиною $l / d > 10$, точністю виготовлення JT6-7, $R_a 1,25 \dots 0,8$ мкм. Включення «нежорстких» кілець в номенклатуру призводить до необхідності обмеження технологічних можливостей верстатів з ЧПУ і необхідності зміни обраної схеми обробки шляхом

переналагодження технологічної системи. Технологічні можливості металорізальних верстатів з ЧПУ дозволяють на етапі проектування технологічного процесу і розробці розрахунково-технологічних карт, враховувати похибки від пружних деформацій шляхом корекції положення ріжучого інструменту. На цих етапах необхідно використовувати інформацію про розмірних зв'язках в технологічній системі і їх зміна під впливом факторів, що виявляються при обробці.



Рис.1.11. Класифікація затискних патронів по виду способу затиску

Потрібні інноваційні та технічно досконаліші методи та устаткування для виконання поставлених інженерних задач щодо базування та обробки тонкостінних деталей. Зокрема, при обробці на токарних верстатах особливу увагу слід приділяти установочно-затискним механізмам, які повинні

забезпечувати надійне та точне базування утримання заготовок за умови складно-деформованого стану.

Зазвичай некруглість це як закономірно чи випадково розподілені відхилення реального профілю від ідеального кола, які можуть бути результатом впливу ряду параметрів системи верстат –інструмент- деталь - оснащення під час обробки.

Оскільки значення некруглості знаходять як різницю між найбільшим та найменшим радіусами, між якими знаходиться вимірний профіль, тому ці радіуси потрібно виміряти з визначеного центра. Центр може бути визначений чотирма різними способами , які дають трохи різні положення центра та значення ширини радіальної зони.

В нинішній час у стандарті DIN 1319 передбачені наступні чотири варіанти визначення центру:

а) Центр, відповідний умові мінімальній різниці радіусів (MRS). Некруглість виміряна в радіальному напрямлені між колами, проведеними із центру, забезпечуючи найменшу відстань між ними.

б) Центр, знайдений за методом найменших квадратів (LSC). Некруглість вимірюється по методу найменших квадратів.

в) Центр найбільшого вписаного кола (MIC). Некруглість може бути виміряна при встановленні по центру найбільшої вписаного кола.

г) Центр найменшого описаного кола (MCC). Некруглість може бути виміряна при використанні центру найменшого описаного кола.

На основі запропонованої методології помилка циліндричності може бути оцінена за допомогою будь-якого з існуючих критеріїв (LSC, MCC, MIC або MRS). Результати показують, що запропонована процедура швидка, а результати, які вона надає, є дуже точними. У більшості випадків оцінка некруглості може бути визначена по способу MCC, який може бути реалізований шляхом накладення шаблону на полярну діаграму.

1.3. Мета і завдання дослідження

Мета роботи - підвищення точності виготовлення і зниження браку при токарній обробці кілець підшипників на основі аналітичного розрахунку по теорії пружності деформацій та переміщень в тонкостінній деталі, а також розробка конструкцій затискних елементів з широким охопленням поверхні затиску.

Завдання дослідження:

Виявити і проаналізувати причини появи відхилень точнісних характеристик оброблюваних поверхонь тонкостінних кілець.

Оцінити можливість керованість процесу токарної обробки кілець підшипників за запропонованою методикою.

Методи дослідження.

Для вирішення поставлених в роботі завдань використовувалися теоретичні методи дослідження. Теоретична частина базується на методах, заснованих на виявленні всіх первинних похибок обробки і розрахунку результативною похибки як функції від первинних.

2 АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ НЕЖОРСТКИХ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ КІЛЕЦЬ

2.1 Зусилля, що визначають деформацію заготовки і оснащення

Досягнення заданих параметрів точності при обробці деталей може бути гарантовано тільки в тому випадку, якщо на стадії проектування технологічного процесу проведена досить достовірна оцінка похибок, які можуть виникнути при реалізації технологічних операцій. Існує два основні методи для розрахунку технологічних процесів на точність.

Перший метод - аналітичний - заснований на виявленні всіх первинних похибок обробки і розрахунку результативною похибки як функції від первинних.

Іншим видом первинних похибок є деформації пружної технологічної системи, які виникають під дією прикладених до системи сил.

Залежно від характеру зусиль деформації діляться на [9]:

- а) викликані зусиллями різання;
- б) що викликаються зусиллями закріплення;
- в) викликаються вагою системи;
- г) що викликаються дією неврівноважених частин (дисбалансом);
- д) що викликаються силами інерції;
- е) супутні вібрацій при різанні.

Загальна похибка обробки складається з похибок метода обробки, геометрії верстата, похибок кінематики приводів, похибок внаслідок статичних деформацій пружної системи верстата та динамічних похибок обробки. Похибки обробки по абсолютному значенні становлять кілька *мкм* (іноді кілька *мм*). Розкладення таких незначних величин на складові можна провадити на основі принципу суперпозиції, якщо складові похибок можна вважати незалежними одна від однієї.

Для забезпечення необхідної точності обробки кільцевих деталей та зменшення некруглості необхідно здійснювати їх затиск рівномірно

розподіленими силами, або вибирати зосереджені сили T_i таким чином, щоб сумарна похибка обробки δ_Σ від дії сили затиску T_Σ та різання P_y не перевищувала 2/3 допуску на самий точний діаметральний розмір. Найбільша похибка обробки при затисканні та обробці у затискному патроні складається з деформації $\delta_{\text{деформ.дет.}}$, від сил затискання T_Σ та деформації δ_{Pp} від дії радіальної складової сили різання P_y .

Загальна похибка розмірної обробки визначитися з умови:

$$\delta_\Sigma = \delta_{Pp} + \delta_{\text{деформ.дет.}} + \delta_{\text{деформ.прис.}}$$

де δ_{Pp} – похибка від прогину під дією сили різання; $\delta_{\text{деформ.}}$ – похибка від деформації деталі під дією сили затиску; $\delta_{\text{деформ.прис.}}$ – похибка, що виникла в результаті деформації елементів верстатного оснащення.

Важливість дотримання геометричної форми при обробці кільця підшипника є дуже високою, тому що безпосереднім чином впливає на майбутні характеристики підшипника, такі як термін служби, зношення, плавність і безшумність роботи.

Похибка від прогину під дією сили різання може бути визначена так:

$$\delta_{Pp} = \frac{P_x}{J_\partial}$$

Де J_∂ – жорсткість поперечного перерізу деталі.

Похибка від деформації деталі під дією сили затиску може бути визначена на основі спеціальних розрахункових залежностей. З літературних джерел [8, 11, 16-20] відомі розрахункові залежності для визначення деформацій і переміщень в тонкостінних кільцевих деталях.

2.2. Пружна деформація заготовки

Проведемо аналітичне дослідження пружної деформації тонкостінної заготовки на основі залежностей теорії пружності та опору матеріалів по метеріалам [4, 5, 8]. Так, [8] робить висновок, що некруглість зменшується при збільшенні точок затиску, зменшення зусилля затиску, при збільшенні

моменту інерції поперечного перерізу деталі, при роботі незатупленим інструментом.

Нижче наведені розрахунки деформацій для тонкостінної деталі - зовнішнього кільця роликового підшипника. Матеріал – сталь ШХ 15СГ; $E=210000 \text{ Н/мм}^2$. Вимоги до виробу - відхилення діаметра доріжки кочення (некруглість) не більш $[\delta]=0,02 \text{ мм}$; сумарне зусилля затиску $T_{\Sigma} = 84,047 \text{ кН}=84047 \text{ Н}$. Характер прикладення зусиль – точковий.

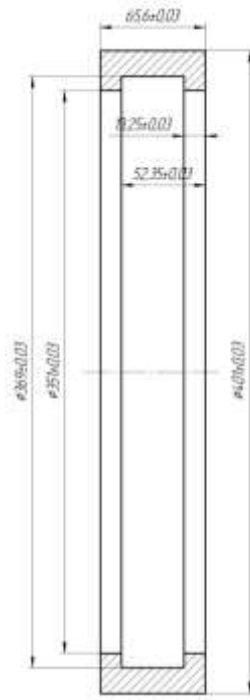


Рис. 2.1. Креслення деталі

Варіант 1. Розрахунок точності закріплення зовнішнього кільця підшипника виконувався по формулі Н. Antoni [16] для трьох варіантів затиску: в 3-, 6-, 12-кулачкових патронів. Отримані дані порівнювали із допустимим значенням відхилення діаметра доріжки кочення $[\delta] = 0,02 \text{ мм}$.

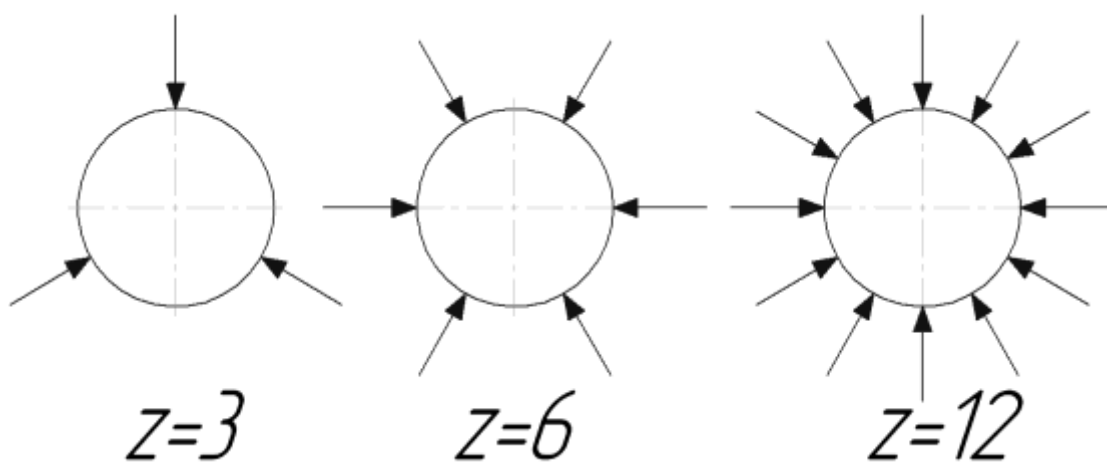


Рис. 2.2. Схема навантаження

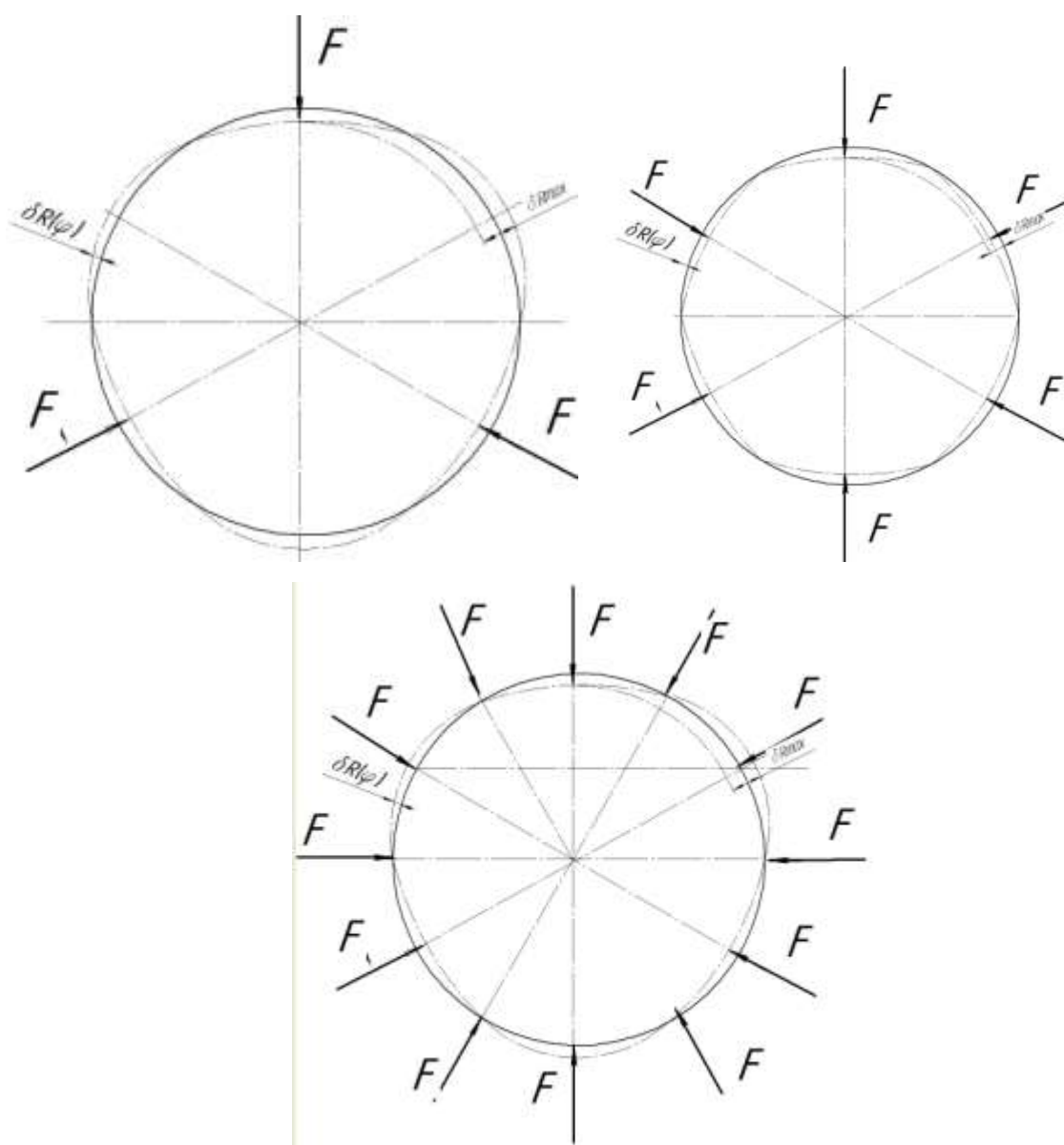


Рис. 2.3. Деформація обробленої деталі при затиску в: а) 3-х кулачковому;
б) 6-ти кулачковому; в) 12-ти кулачковому патроні при точковому
прикладенні зусиль

Відхилення діаметра доріжки кочення:

$$R_d = K \frac{T_{\Sigma} \cdot R_0^3}{J \cdot E}$$

де коефіцієнт

$$K_z = \frac{1}{2z} \left(\frac{1}{\sin \frac{\pi}{z}} - \operatorname{ctg} \frac{\pi}{z} - \frac{\pi}{2z} \right)$$

де z – кількість точок затиску, рівномірно розподілених по колу середнього радіусу R_0 , K - коефіцієнт, T_{Σ} – сумарне зусилля затиску; R_0 - радіус нейтрального перерізу; E - модуль пружості; J - екваторіальний момент інерції,

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12},$$

де b - ширина кільця, h - висота кільця.

Якщо підставити формулу значення K_z і J , одержимо:

$$\delta R = K_z \frac{T_{\Sigma} \cdot R_0^3}{E \cdot J} = \frac{1}{2z} \left(\frac{1}{\sin \frac{\pi}{z}} - \operatorname{ctg} \frac{\pi}{z} - \frac{\pi}{2z} \right) \cdot \frac{R_{\Sigma} \cdot R_0^3}{\frac{bh^3}{12} \cdot E}$$

$$Z=3 \quad R_d = 0.297 > [\delta]$$

$$Z=6 \quad R_d = 0.017 < [\delta]$$

$$Z=12 \quad R_d = 0.001 < [\delta]$$

Побудуємо графік залежності K_z від Z - кількість точок затиску, рівномірно розподілених по колу середнього радіусу з допомогою MathWorks MATLAB.

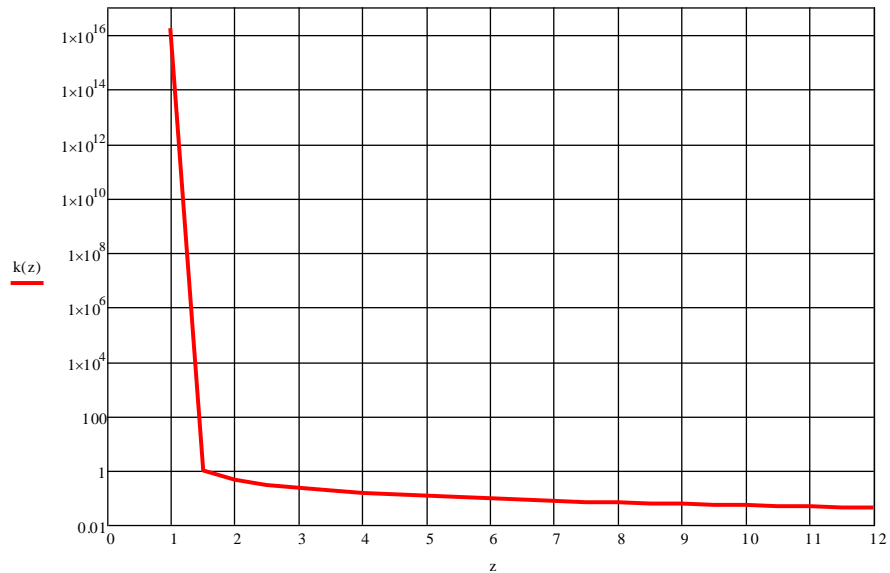


Рис.2.4. Залежність коефіцієнта K_z деформації кільця від кількості точок затиску. Розрахунок виконано з допомогою MathWorks MATLAB

z =	k(z) =
0.5	-4.142
1	1.633 · 10 ¹⁶
1.5	1.018
2	0.465
2.5	0.298
3	0.22
3.5	0.176
4	0.147
4.5	0.126
5	0.111
5.5	0.099
6	0.089
6.5	0.082
7	0.075
7.5	0.07
...	...

Висновок: Прикладення радіальних затискних зусиль до кільцеподібних заготовок носить точковий характер. Зусилля цього роду викликають у кільцях напруження вигину, що приводять до пружних деформацій, які, у свою чергу, можуть викликати некруглості поверхні. Для

запобігання даних похибок збільшують кількість кулачків, у цьому випадку із трьох до шести й із шести до дванадцяти.

Виходячи з отриманих результатів видно, що збільшення місць затиску, наприклад, із трьох до шести, приводить до зменшення некруглості приблизно в шістнадцять разів, а при порівнянні отриманих даних із припустимим значенням видно, що найбільш точним є затиск у дванадцяти кулачковому патроні.

Теоретична модель показує що некруглість залежить від а) кількості затискних елементів (кулачків), б) зусилля затиску, в) товщини стінки виробу чи відносної товщини a/R_0 , г) властивостей зразка матеріалу і д) довжини деталі.

Варіант 2. Для рішення задачі використаємо формулу для розрахунку точності затиску кільцевих деталей, запропоновану Хансом Блетри (H. Blättry) [17]. На рис. 2.5 показана деформація нейтральних кільцевих волокон, викликана трьома радіально прикладеними силами. Схожі картини спостерігатимуться при 6 та 12 радіально прикладених до деталі силах.

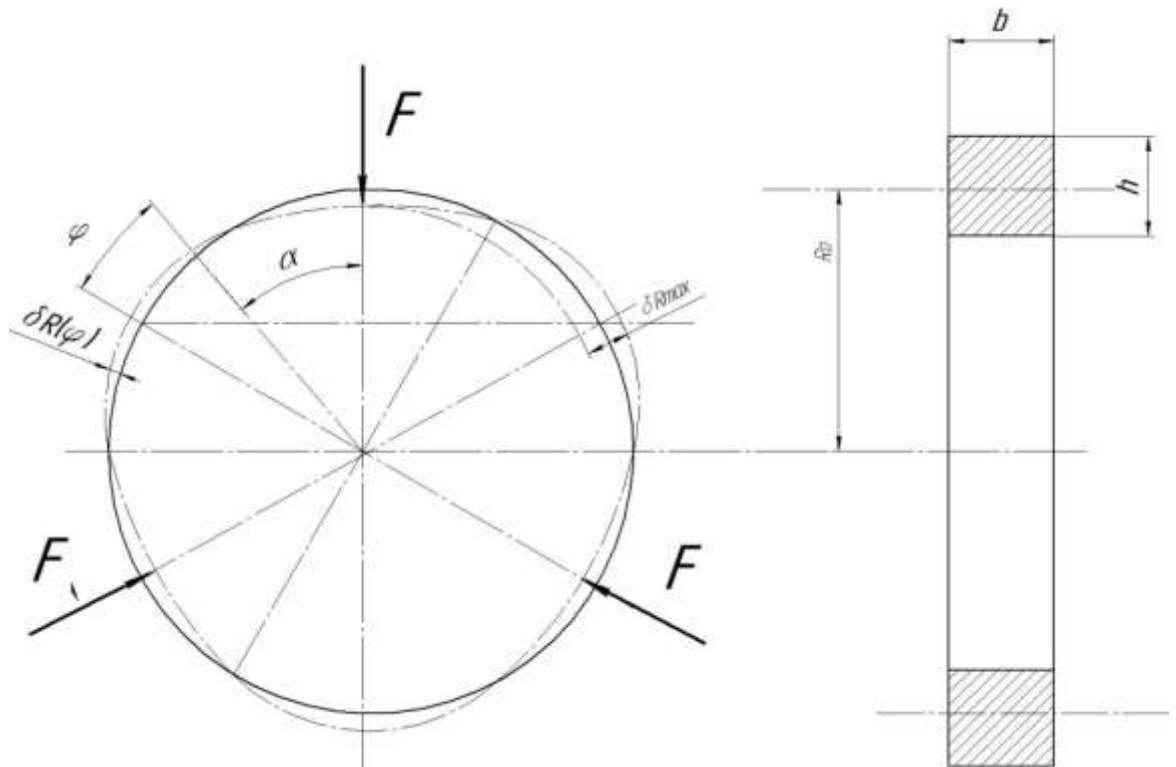


Рис. 2.5.Розрахункова схема

Поточне відхилення від круглості в залежності від кута φ некруглості δR (за Х. Блетри) на радіус деталі визначається [17]:

$$\partial R(\varphi) = \frac{F \cdot R_0^3}{J \cdot E \cdot n} \left[2 \frac{\cos \varphi}{\sin \alpha} + \frac{\varphi^2}{\alpha} - \frac{1}{\sin \alpha} - \operatorname{ctg} \varphi - \frac{\alpha}{2} \right]$$

де n - кількість точок затиску, рівномірно розподілених по колу; $F = \Sigma F$ – сумарне зусилля затиску; R_0 - радіус нейтрального перерізу; E - модуль пружості; J - екваторіальний момент інерції, кут між силами $\alpha = \frac{\pi}{n}$, φ – поточний кут.

Радіус нейтрального перерізу R_o та екваторіальний момент інерції поперечного перерізу кільця J були розраховані CAD-системою КОМПАС - 3D V 10 [5, 6] і складають:

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$R_o = 190,19 \text{ мм}; J = 83041,34 \text{ мм}^4.$$

Були проведені розрахунки некруглості по формулі за постійних умов, але при різних кількостях точок затиску. Результати розрахунків приведені в таблиці 1.

Таблиця 2.1. Результати розрахунків

Формула	Некруглість (на радіус) мм		
	Кількість точок затиску		
	$n = 3$	$n = 6$	$n = 12$
Н. Блетрі	0,297	0,017	0,001
Н. Антоні	0,297	0,017	0,001

Тобто, формули демонструють повне спів падіння результатів обчислень.

Розрахунок по формулі [17] поточного відхилення від круглості:

Для трьохкулачкового патрона максимальні відхилення від круглості будуть при $\varphi=0$ та $\varphi=\pi/3$ (рис.).

$$\partial R(\varphi) (0)=-1,261 \text{ мм}; \quad \partial R (\pi/3)=-2,522 \text{ мм/}$$

Сумарне відхилення від круглості для трьохкулачкового патрона:

$$\partial R_3=| \partial R (0)- \partial R (\pi/3)|=|-1,261-(-2,522)|=1,261 \text{ мм.}$$

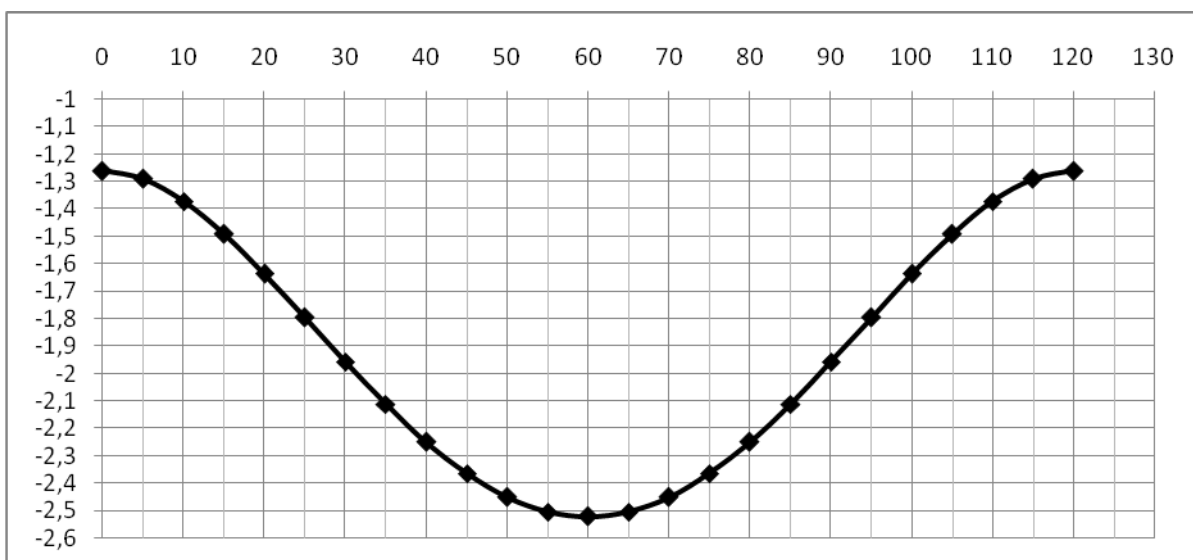


Рис.2.6. Відхилення від круглості при закріпленні в трьохкулачковому патроні в залежності від положення

Для шестикулачкового затискного патрона максимальні відхилення від круглості будуть при поточних кутах $\varphi=0$ та $\varphi=\pi/6$ (рис. 2.7).

$$\partial R_6(0)=29,014\text{мм};$$

$$\partial R_6(\pi/6)=28,882\text{мм}$$

$$\partial R_6=| w_{уз}(0)- w_{уз}(\pi/6)|=| 29,014-28,882|=0,132 \text{ мм}$$

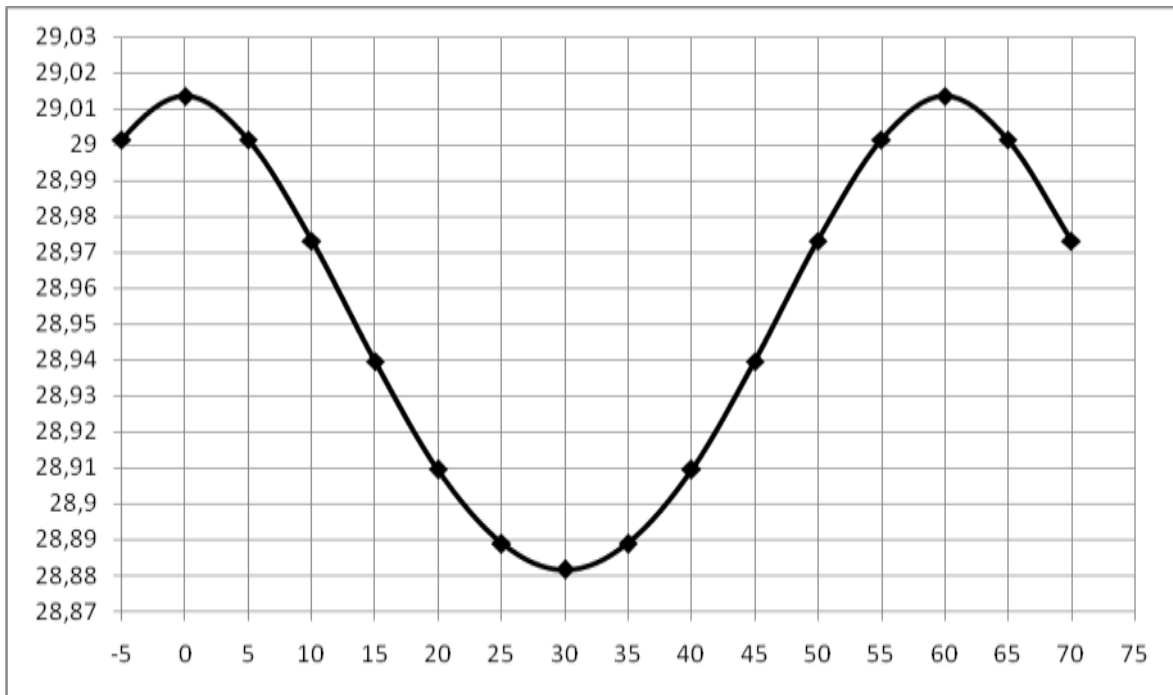


Рис.2.7. Відхилення від круглості при закріпленні в 6-кулачковому патроні в залежності від положення

Для дванадцятикулачкового затискного патрона максимальні відхилення від круглості будуть при поточних кутах $\varphi=0$ та $\varphi=\pi/12$ (рис.).

$$\partial R(0)=74,293 \text{ мм};$$

$$\partial R(\pi/12)=74,278 \text{ мм}$$

Сумарне відхилення від круглості:

$$\partial R_{12}=|w_{uz}(0)-w_{uz}(\pi/12)|=|74,293-74,278|=0,016 \text{ мм}$$

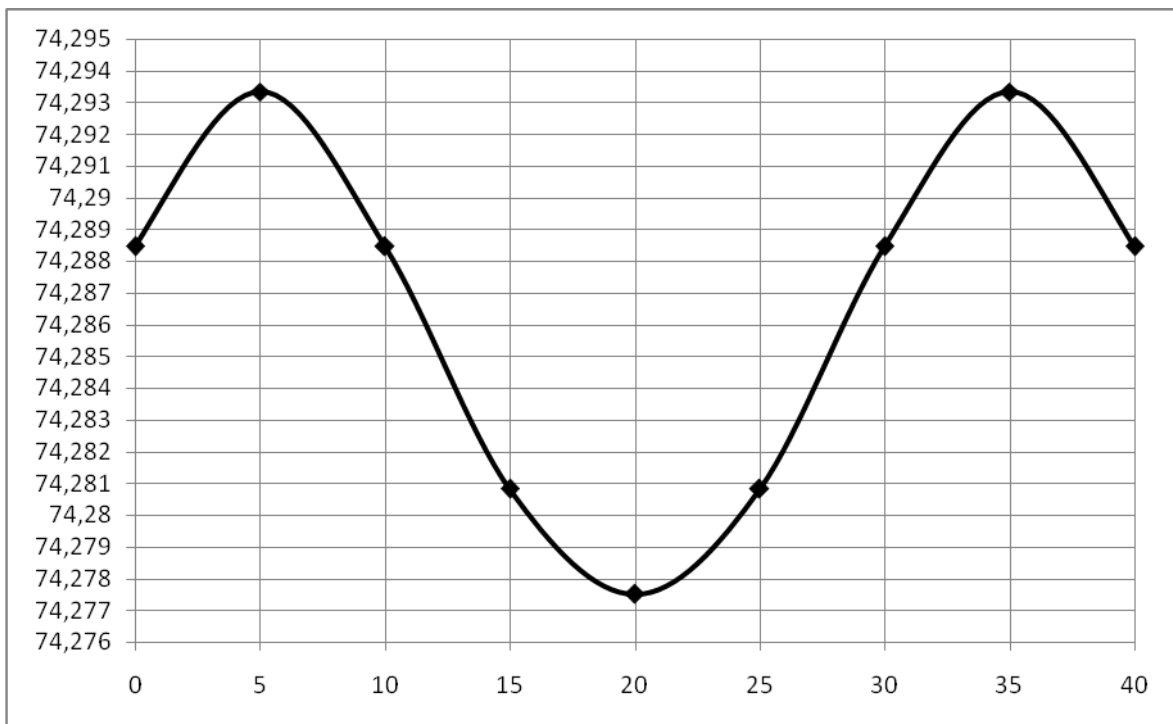


Рис.2.8. Відхилення від круглості при закріпленні в 12-кулачковому патроні в залежності від положення

Висновки: Провівши цю розрахункову визначив максимальні відхилення від круглості при закріпленні кільця підшипника в трьох-, шести-, і дванадцяти- кулачкових патронах. Розрахунок проводився за двома різними методиками і показав ідентичність результатів у кожному окремому випадку, що підтверджує вірність і точність розрахунку.

При затиску в трикулачковому патроні максимальне відхилення від круглості - $\delta R_3 = 1,261$ мм, що не є прийнятним при обробці такої відповідальної деталі, як кільце підшипника.

При затиску в шестикулачковому патроні - $\delta R_6 = 0,132$ мм, що в 9,5 разів менше ніж при затиску в трикулачковому патроні, але є також недостатнім.

При затиску в дванадцятикулачковому патроні $\delta R_{12} = 0,016$ мм, що в 8,3 рази менше ніж при затиску в шестикулачковому патроні, і в 79 разів менше, ніж при затиску в трикулачковому патроні і є абсолютно достатнім для заданих умов обробки ($\delta R \leq 0,03$ мм).

Також, з огляду на те, що характер прикладання зусиль прийнятий як точковий, а в реальності кулачки мають деяку ширину, то відхилення від круглості буде ще нижче.

Отже, для заданих умов обробки і вихідних даних для закріплення кільця підшипника рекомендується використовувати двенадцятикулачковий патрон.

2.3. Дослідження впливу кута обхвату кулачків на точність обробки

З досліджень відомо, що суттєву роль у зменшенні деформацій тонкостінних деталей при затиску в токарних патронах відіграє кут охоплення кожним затискним елементом [19].

Одне ефективних рішень для затиску тонкостінних деталей, запропоновано компанією SCHUNK – затискні патрони з маятниковими кулачками. Ці кулачки являють собою коромисло на жорсткій опорі. Воно має можливість кутового переміщення на 1-3 °. На крайніх точках коромисла встановлюються загартовані накладки з рифленням, або сирі розточувані на конкретний розмір накладки [22] .

Дане рішення дозволяє забезпечити на стандартному 3-кулачковому патроні рівномірний розподіл затискного зусилля за рахунок збільшення числа точок контакту (6х60°) і за рахунок збільшення площі затиску. Це дозволяє знизити затискне зусилля і підвищити крутний момент, що передається на заготовку, і тим самим значно знизити деформації деталі.



Рис.2.9. Затискний кулачок патрона фірми SCHUNK з широким рознезненням затискних точок по дузі

Крім цього дане рішення підходить для затиску як попередньо обробленої деталі, так і деталі з чорновими поверхнями, наприклад, відливання, в цьому випадку всі нерівності компенсуються за рахунок коливання коромисла.

Деформації, що виникають, в перетинах 1-1 і 2-2, тобто найбільший прогин та випучування визначаються залежністю [19]:

$$\delta_{\text{деформ.дет}} = C \frac{T \cdot R_0^3}{2 \cos \frac{\alpha}{2} E \cdot J}$$

де T - сила затиску на кулачку, R_0 - радіус нейтрального перерізу, α - кут охоплення кожним затискним елементом, E - модуль пружності, C - коефіцієнт, що залежить від кута обхвату кулачків (рис.2.10).

Побудований графік [19] за вищенаведеною формулою та результати розрахунку за табл.2.2. приведено на рис.2.11.

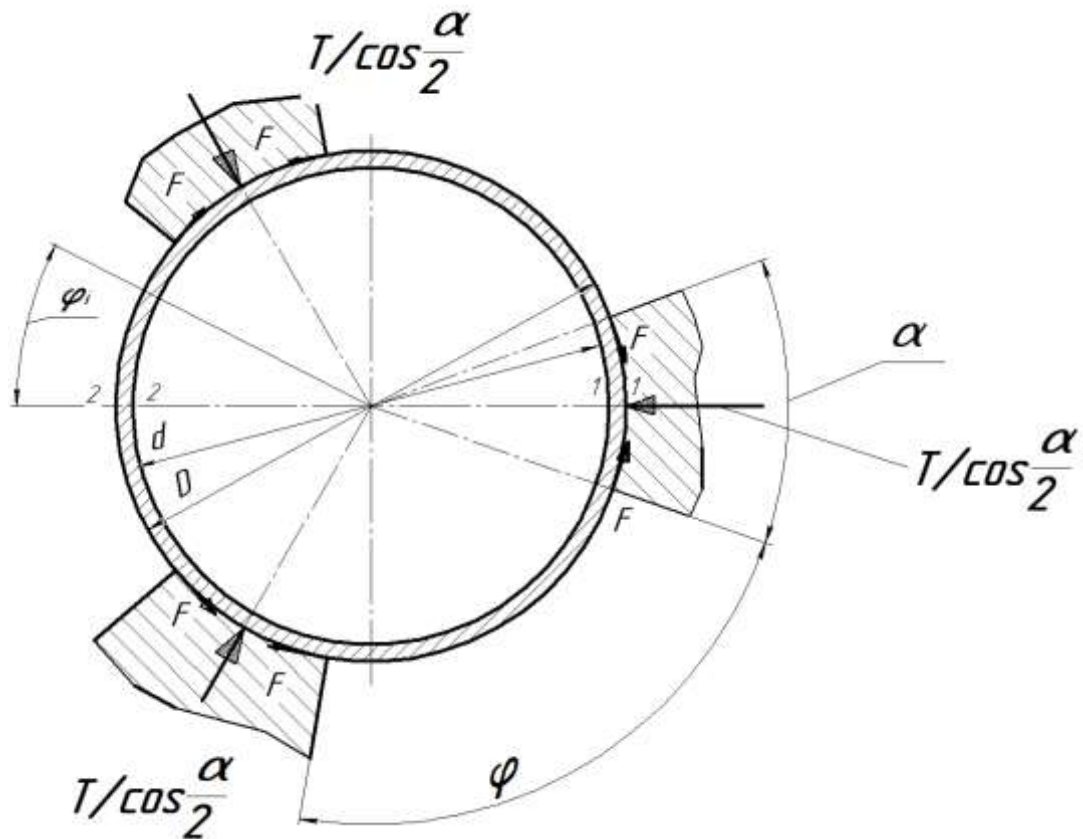


Рис.2.10. Розрахункова схема для визначення найбільшого прогину та випучування

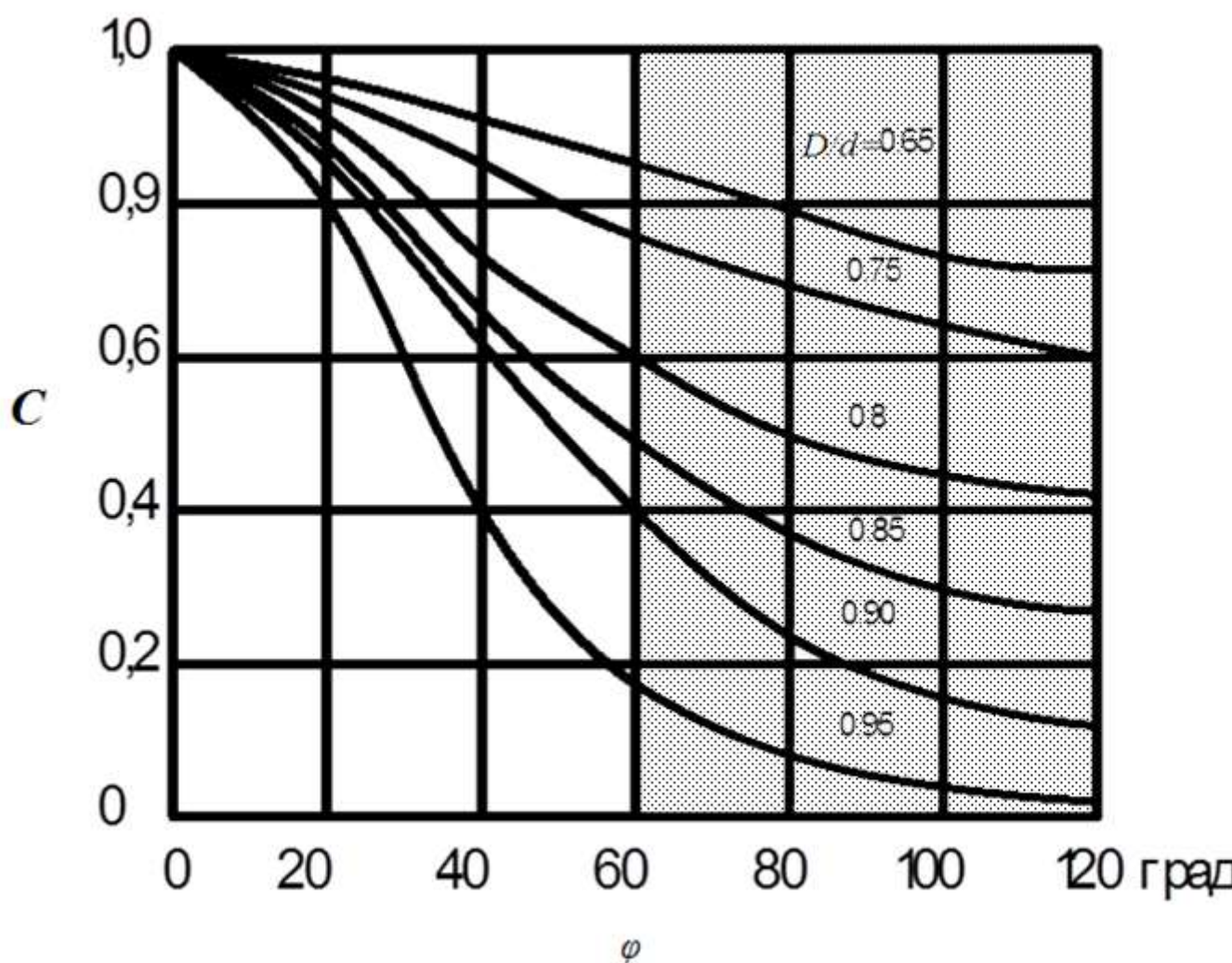


Рис.2.11. Залежності впливу кута охоплення φ затискних кулачків патрону на коефіцієнт C похибки форми при затиску при різних співвідношеннях $D/d \frac{d}{D} = 0,65; 0,75; 0,81; 0,85; 0,90; 0,95$.

Таблиця 2.2. Залежність коефіцієнта C від кута охоплення φ затискних кулачків

		C		
		60	80	120
$\frac{260}{401} = 0,65$	$h = 70,5\text{мм}$	0,93	0,7	0,9

$\frac{300}{401} = 0,75$	$h = 49,5$	$0,75$	$0,8$	$0,6$
$\frac{324}{401} = 0,81$	$h = 38,5$	$0,6$	$0,5$	$0,4$
$\frac{341}{401} = 0,85$	$h = 30$	$0,5$	$0,39$	$0,3$
$\frac{361}{401} = 0,90$	$h = 20$	$0,4$	$0,25$	$0,12$
$0,95$	10	$0,2$	$0,08$	$0,03$

$$\frac{260}{401} = 0,65; h = 70,5\text{MM} \quad C=$$

$$\frac{300}{401} = 0,75; h = 49,5 \quad C=$$

$$\frac{324}{401} = 0,81; h = 38,5 \quad C=$$

$$\frac{341}{401} = 0,85; h = 30 \quad C=$$

$$\frac{361}{401} = 0,90; h = 20 \quad C=$$

$$\frac{381}{401} = 0,95; h = 10 \quad C=$$

3. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТОСУВАННЯ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ ТОЧНІСТЬ ФОРМИ І ВИКОНУВАНИХ РОЗМІРІВ ОБРОБЛЮВАНОЇ ЗАГОТОВКИ

3.1. Методологічні підходи до проектування

На основі теоретичного дослідження розроблені практичні рішення - вдосконалені конструкції пристроїв (затискних патронів) для затиску тонкостінних кілець і методика їх розрахунку. Результати, отримані при проведенні теоретичних досліджень і наведені в цій роботі, можуть бути використані в двох напрямках:

1. При проектуванні технологічних процесів обробки деталей. Використання запропонованих методів розрахунку деформацій на стадії проектування технологічного процесу механічної обробки деталей типу тонкостінних кілець дозволить компенсувати похибки від пружних деформацій системи призначенням відповідних заходів.

2. При реалізації технологічного процесу обробки деталей.

Впровадження запропонованої конструкції пристосування для закріплення кільцевої заготовки на шести секторах дозволить уникнути додаткових похибок, які виникають на стадії технологічної підготовки виробництва. З використанням розробленої методики значно спроститься налагодження системи перед виконанням операції. Ці дані дозволять оцінити необхідність внесення змін в конструкцію оснащення чи спроектувати нове в залежності від виду контакту сполучених поверхонь затискного елемента та заготовки.

Виконавши аналіз силових потоків у затискному патроні, визначаємо найбільш навантажений елемент патрона. Частіше – це ланки передавально - підсилювального ланцюга, елементи кріплення. З найбільш навантажених елементів затискного патрона визначаємо слабкі ланки. Наприклад, у цанговому патроні [12] найбільш слабким елементом є пелюстка цанги, або

тяга патрона. У штоковому патроні – це затискний кулачок у місті спряження зі штоком, або тяга.

3.2. Запропоновані конструкції затискних патронів для базування та затиску тонкостінних кілець

Для базування та затиску тонкостінних кілець розроблено досить багато конструкцій затискних патронів [9, 10, 11, 15, 18].

Один із таких патронів служить для закріплення тонкостінних заготовок із алюмінієвого сплаву для поршнів двигунів внутрішнього згорання при обробці їх на двохшпindelному вертикальному токарному верстаті. Це самоцентруючий трьохкулачковий патрон типу ПКС-200 з широкими накладними кулачками. Його суттєвою особливістю є те, що широкі затискні кулачки оснащені двома вставками. Це збільшує кількість точок прикладення зусиль до 6.

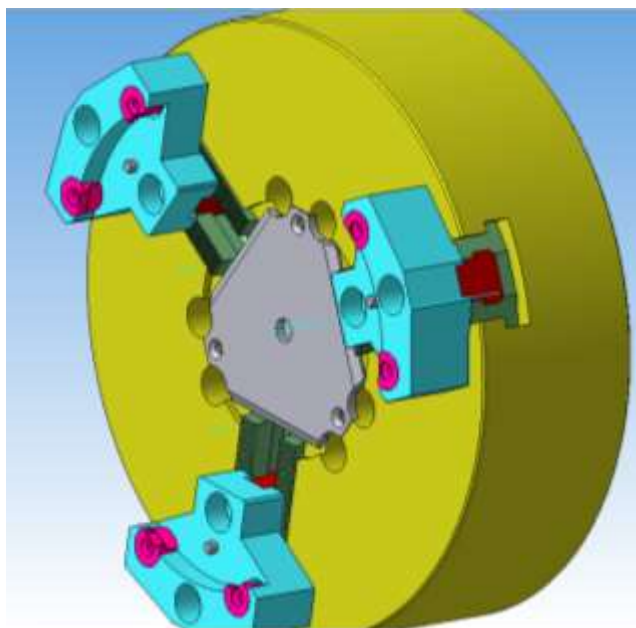


Рис. 3.1 Загальний вигляд патрону з широкими кулачками

Затискний патрон трикулачковий самоцентрирующий клиновий патрон з механізованим приводом використовується для швидкого затиснення і розтискування деталей, що обробляються на токарних верстатах у крупносерійному і серійному виробництвах.

У пазах корпусу 1 патрона встановлено три кулачки 2, до яких гвинтами 4 і сухарями-5 прикріплені змінні кулачки 5. У корпусі 1 патрона встановлена втулка 6, яка гвинтом 8 і тягою сполучена з штоком поршня пневмоциліндра. У втулці 6 є три пази а з кутом нахилу 15° , в яких входять похилі виступи б кулачків 2, утворюючи клинові зв'язані пари. Під час подачі стислого повітря в штокову порожнину пневмоциліндра поршень з штоком переміщається в пневмоциліндре вліво, шток через тягу, гвинт 8 і втулку 6 пересуває виступи б кулачків 2 вниз по похилих пазах а втулки 6. При цьому змінні кулачки 5, переміщаючись до осі патрона, затискають оброблювану деталь.

Після обробки деталі стиснуте повітря подається в безштокову порожнину пневмоциліндра і поршень з штоком переміщається вправо. Шток через проміжні ланки пересуває втулку 6 вправо, виступи б кулачків 2 переміщаються по похилих пазах втулки 6 вгору, і змінні кулачки 5 розходяться від осі патрона, деталь розтискає.

Для заміни кулачків в шестигранний отвір у втулці вставляють торцевий ключ, який повертає втулку навпроти годинникової стрілки на кут 15° , кулачки 2 виводять з пазів корпуси.

Розроблена конструкція представлена в якості твердотільної моделі в середовищі САПР 64-розрядна версія КОМПАС-3D. Ця САПР дозволяє вирішувати завдання проектування і розрахунку всіляких механізмів, агрегатів, приводів, трансмісій і передач енергетичних і робочих машин [6, 7].

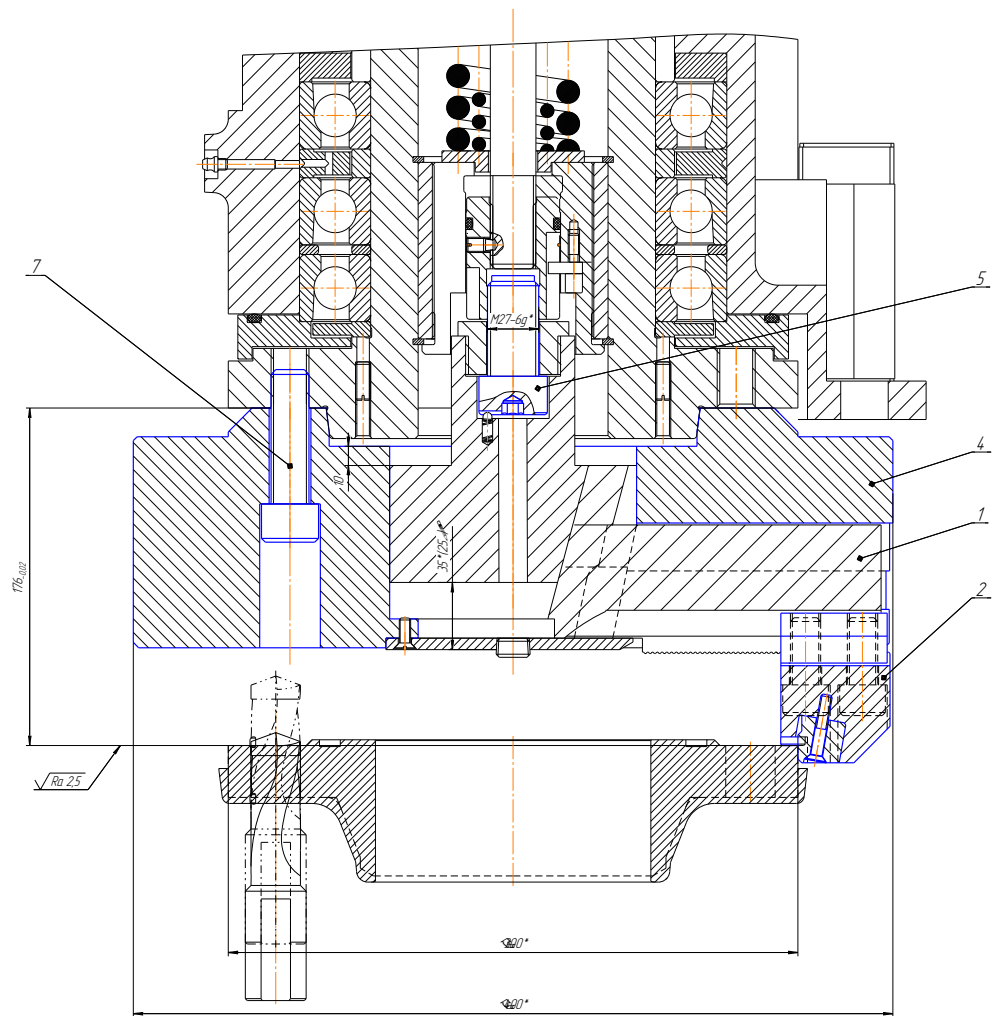


Рис.3.2. Розміщення затискного патрону на шпинделі верстат: 1-підкулачник, 2-затискний кулачок, 4 – корпус, 5- тяга, 7- гвинти кріплення

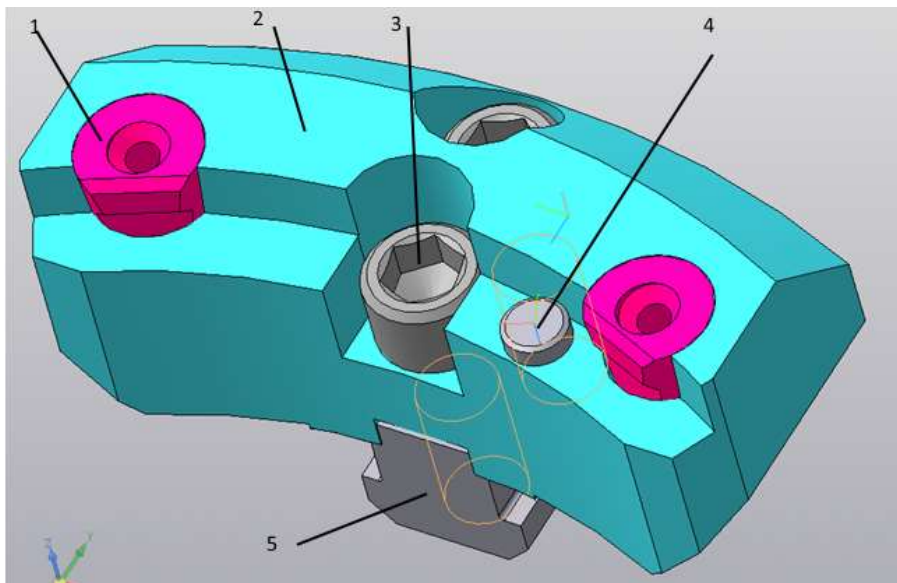


Рис. 3.3. Затискний кулачок зі вставками: 1- вставка, 2- кулачок, 3- гвинт кріплення, 4- фіксатор, 5- підкулачник

Затискний кулачок 2 зі вставками 1 кріпиться до під кулачника 5. Підкулачник 5 в свою чергу за допомогою зубчастих рифлень з кроком 2, 5 мм фіксується на основному кулачку. Кут охоплення складає 40 град.

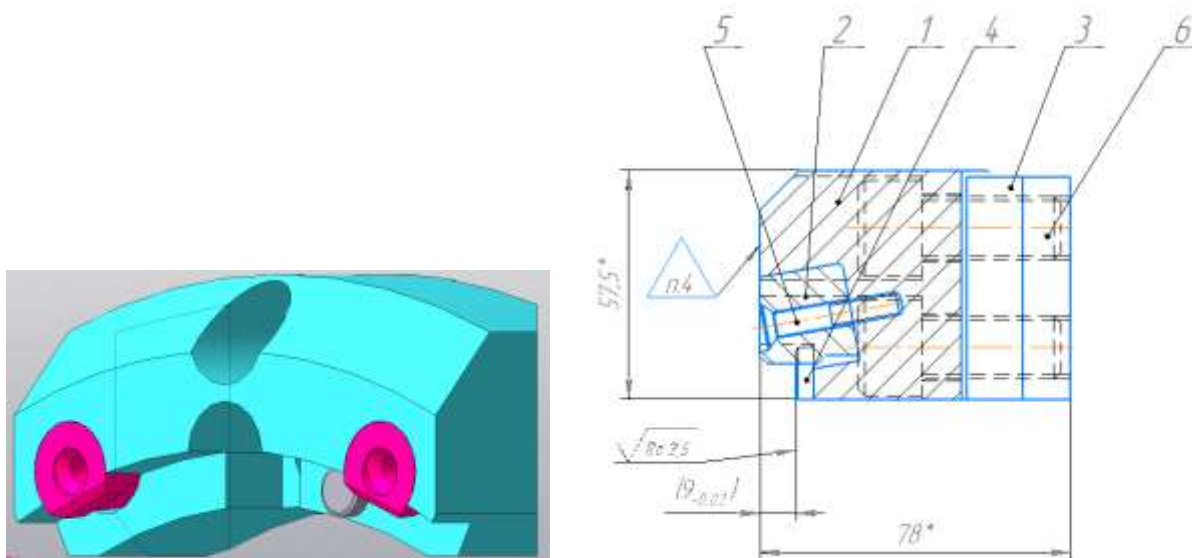


Рис.3.4.. 3-д вид та креслення затискного кулачка зі вставками: 2- вставка, 1- кулачок, 6- гвинт кріплення, 4- фіксатор, 3- під кулачник, 5- гвинт кріплення вставки

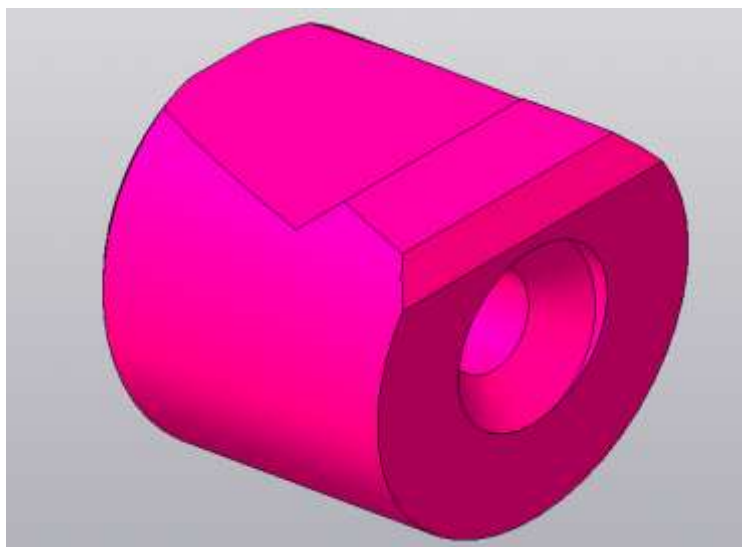


Рис. 3.5.Вставка затискна Ø25h6

Вставка затискна виготовлені зі сталі 40Х ГОСТ 4543-71, робоча поверхня загартована до твердості по Роквеллу до 57...63 одиниць. Вона встановлюється та центрується по зовнішній поверхні і фіксується гвинтами в кулачку.

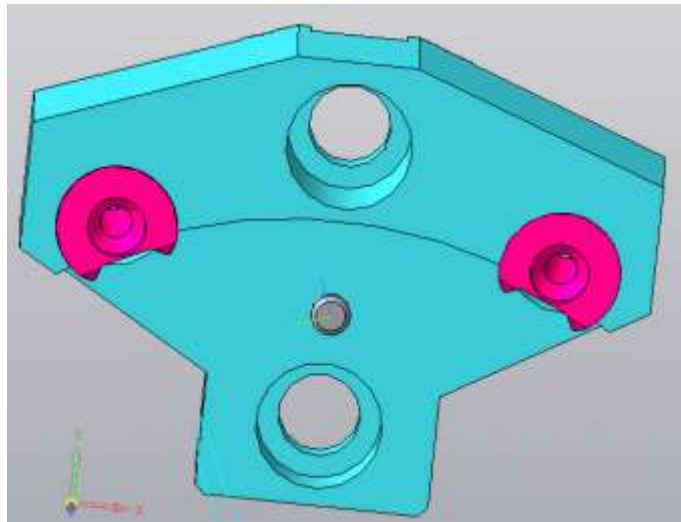


Рис. 3.6. 3-д вид та креслення широкого затискного кулачка зі вставками з рифленнями для закріплення по необробленій поверхні

3. 3. Методологія розрахунків затискних патронів для базування та затиску тонкостінних кілець

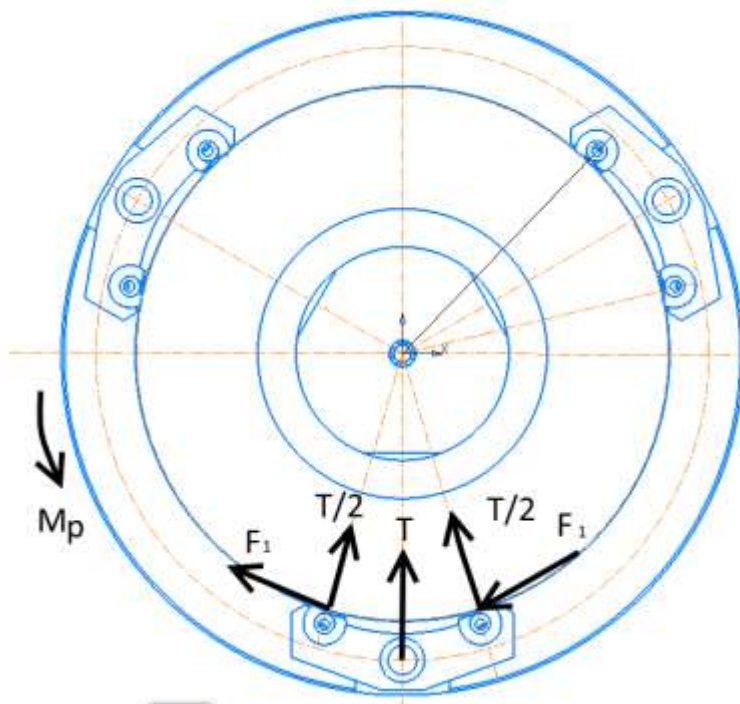


Рис. 3.7. Розрахункова схема

Тангенціальна складова зусилля різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н}$$

Де значення коефіцієнтів наступне:

$$C_p=40;$$

$$x=1, y=0.75,$$

$$n=1;$$

$$K_{\varphi\nu} = 1; K_{\gamma\nu} = 1; K_{\lambda\nu} = 1; K_{rp} = 1 \quad K_{mp} = 1,0$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi\nu} \cdot K_{\gamma\nu} \cdot K_{\lambda\nu} \cdot K_{rp};$$

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

Тоді:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 1,5^1 \cdot 0,35^{0,75} \cdot 128,1^1 \cdot 1 = 46592 \text{ Н};$$

Умова рівноваги заготовки в патроні (див.рис)

$$M_p \geq M_{тр}$$

$$M_p = P_z \cdot \frac{D_p}{2}$$

$$M_{тр} = 3 \frac{D_3}{2} \cdot \frac{T}{2} f$$

$$P_z \cdot \frac{D_p}{2} = 3 \frac{D_3}{2} \cdot \frac{T}{2} f$$

Звідки:

$$T = P_z \cdot \frac{8D_p \cdot P_z}{3 \cdot D_3}$$

Для клинового патрона, кулачки якого переміщуються за допомогою повзуна із клиновими пазами, необхідну силу на тязі приводу можна знайти за допомогою розрахункової кінематичної схеми, вважаючи, що всі сили діють на один кулачок.

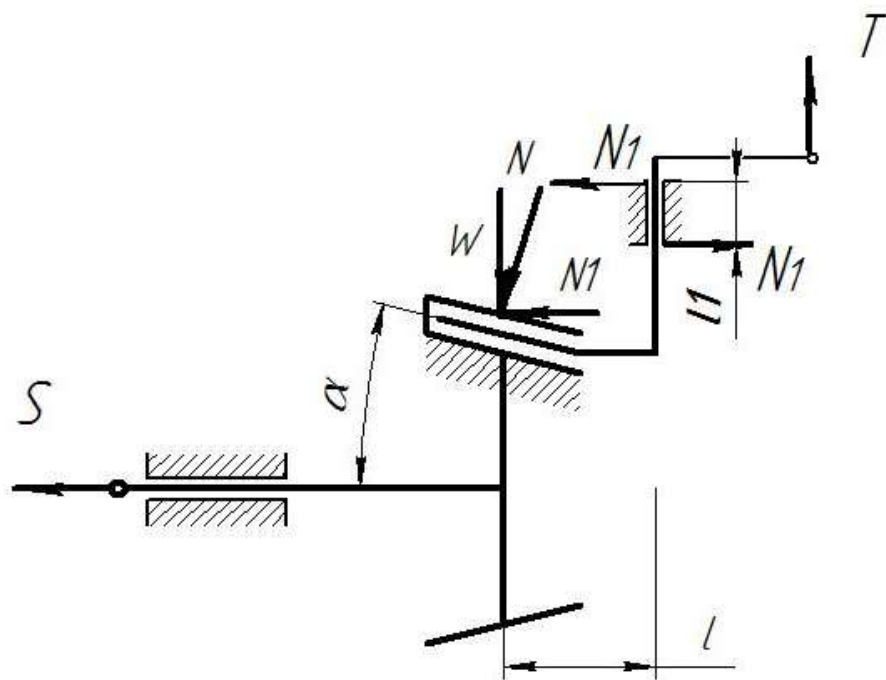


Рис.3.8. Розрахункова та кінематична схема клинового затискного патрона з клиновим передавально – підсилюючим механізмом

При русі клинової втулки по напрямку дії сили тяги S на клиновій поверхні під кутом α кулачка виникає нормальна сила N . Вертикальна складова якої W_1 повинна врівноважувати силу T і сили тертя F_1 , що виникають у напрямних кулачках під дією пар сил N_1 . Вони що виникають внаслідок перекосу кулачків. Горизонтальна складова повинна дорівнювати силі тяги S . При відсутності втрат на тертя потрібна сила тяги визначається з виразу:

$$S_{\Sigma} = T \cdot \operatorname{tg} \alpha.$$

При наявності тертя вектор нормальної сили N відхиляється на величину приведенного кута тертя ϕ . Сила T збільшується на величину сил тертя в напрямних для кулачків від сил N_1 . При цьому сила тяги повинна бути

$$S_{\Sigma} = T \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \phi).$$

Під дією сили W сумарна сила тертя від пари сил N_1 буде:

$$F_{N1} = 2N_1 \cdot f.$$

Так як сила затиску деталі:

$$T = P_z \frac{d}{D \cdot f};$$

де D - діаметр поверхні затиску, d - діаметр поверхні різання, f - коефіцієнт тертя, залишається постійною, то вона повинна дорівнювати різниці

$$T = T_1 - 3T_1 \frac{l}{l_1} f,$$

Тобто

$$T = T_1 (1 - 3 \frac{l}{l_1} f)$$

Звідки

$$T_1 = \frac{T}{(1 - 3 \frac{l}{l_1} f)} = P_z \frac{d}{f D (1 - 3 \frac{l}{l_1} f)}$$

Отже, остаточна формула для визначення сили на тязі приводу прийме вигляд

$$S = P_z \frac{d \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho')}{(1 - 3 \frac{l}{l_1} f_1) f \cdot D}.$$

Потужність приводу залежить від величини сили тяги, необхідної для закріплення оброблюваної деталі й від конструкції та виду передавально - підсилюючого механізму, що служить для зв'язку двигуна з тягою приводу.

Залежно від цієї сили з урахуванням втрат у прийнятій конструкції механізму приводу можна визначити й необхідну потужність приводу.

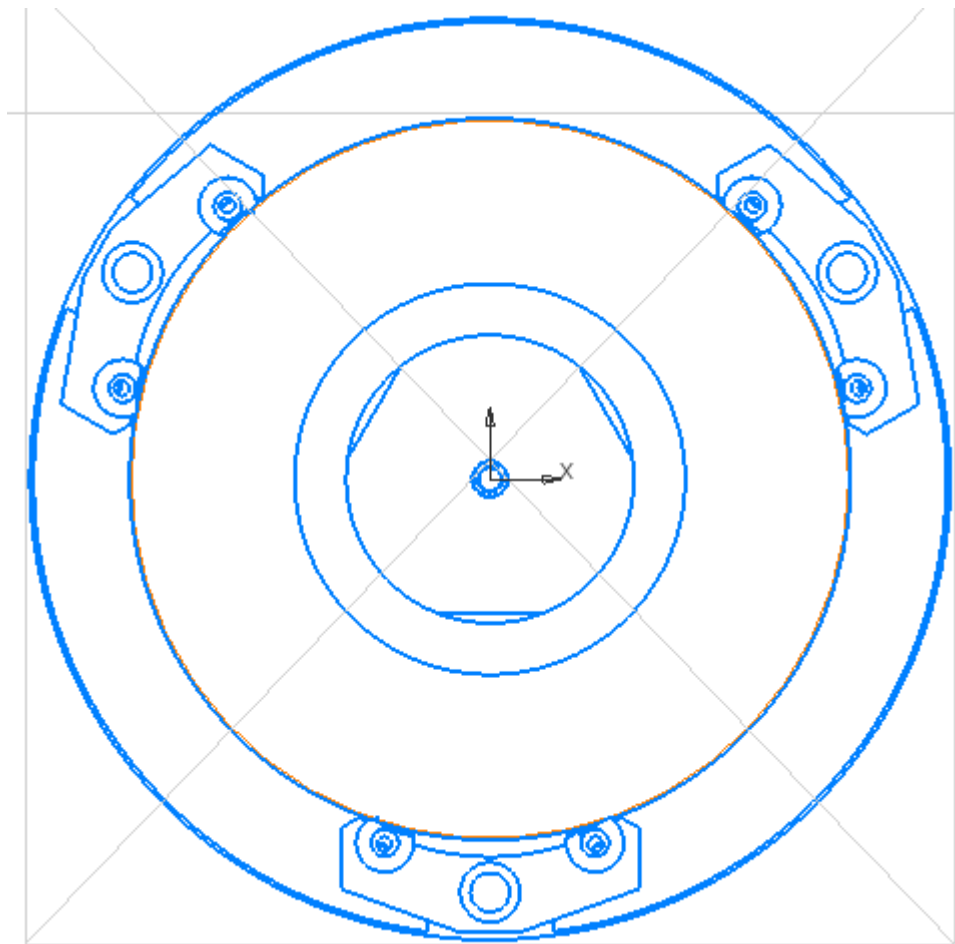
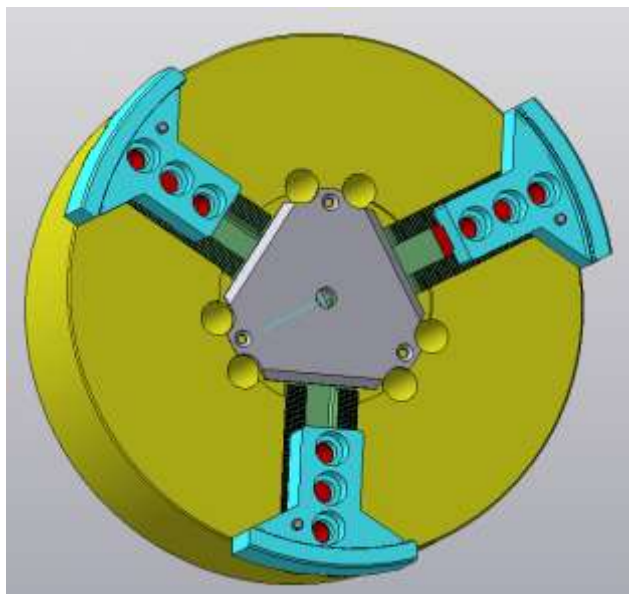
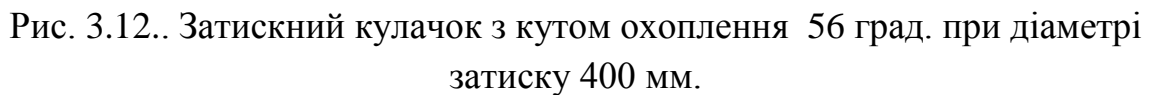


Рис.3.10. Креслення розміщення затискних кулачків

Для більш відповідальних деталей, де небажана деформація та пошкодження поверхні затиску, може бути запропонована наступна конструкція затискного патрона (рис.).



Кут охоплення заготовки може варіюватися від 12 град до 60 град.



Розроблено комп'ютерне креслення та 3-Д модель затискних кулачків з великим кутом охоплення. модель процесу закріплення кілець в трикулачні патроні з різними кутами охоплення, що дозволила провести дослідження виникають похибок [6,7].

56

4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Даний розділ призначений для проведення маркетингового аналізу стартап-проекту задля визначення принципової можливості ринкового впровадження останнього та можливих напрямів його реалізації [21].

Стартап-проект має на меті впровадження інноваційних розробок на основі зменшення трудомісткості інноваційних технологічних процесів виготовлення деталей машинобудування (таблиця 4.1).

Можливі напрямки застосування — технологічна підготовка машинобудівного виробництва (таблиця 4.1).

Основні вигоди, що може отримати користувач товару — підвищення якості продукції та зменшення ризиків прийняття недоцільних рішень при виборі технологічного оснащення (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Зменшення трудомісткості інноваційних технологічних процесів виготовлення деталей машинобудування	Технологічна підготовка машинобудівного виробництва	Підвищення якості продукції та зменшення ризиків прийняття недоцільних рішень при виборі технологічного оснащення

Визначення сильних, слабких та нейтральних сторін стартап-проекту наведено в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї стартап-проекту

№ з/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проєкт	SCHUNK (GERMANY)	SMW-AUTOBLOK	ROHM			
1	Трудомісткість проектування нових ТП	–	+	+	+	–	–	+
2	Вірогідність прийняття помилкових рішень при проектуванні	–	+	+	+	–	–	+
3	Час доступу до необхідної інформації	–	–	–	+	–	–	+
4	Можливість роботи з інформацією без виходу в Інтернет	+	–	–	–	–	–	+
5	Можливість аналізу інформації засобами Microsoft Excel	+	–	–	–	–	–	+

6	Можливість роботи з інформацією на планшетах, смартфонах, тощо	+	+	+	+	–	–	+
---	----------------------------------------------------------------	---	---	---	---	---	---	---

Виконаємо аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею стартап -проекту (технології створення товару) [21].

Щоб визначити технологічну здійсненість ідеї проекту необхідно, провести аналіз трьох наступних його складових (таблиця 4.3):

- 1) за якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї стартап-проекту?
- 2) існують вже в світі такі технології, чи їх потрібно розробити або доробити?
- 3) є доступними вже в світі такі технології авторам стартап-проекту?

Таблиця 4.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології реалізації ідеї	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Створення бази даних про затискні патрони для тонкостінних деталей	Середовище <u>Google Patents</u>	Наявні	Доступні
2		Середовище Google Scholar	Наявні	Доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: середовище <u>Google Patents</u>				

За результатами аналізу таблиці 4.3 можна зробити висновок, що технологічна реалізація проекту можлива у середовищі Google Patents , яке є доступним на ринку.

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів [21].

Виконаємо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку верстатного оснащення (таблиця 4.4).

За результатами аналізу таблиці 4.4 можна зробити висновок, що за попереднім оцінюванням ринок є досить привабливим для входження з даною продукцією.

Визначаємо потенційні групи клієнтів - споживачів, їх характеристики, та зформуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 4.5).

Таблиця 4.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравців	12
2	Загальний обсяг продаж	Невідомий
3	Динаміка ринку	Стагнація
4	Наявність обмежень для входу	Відсутність досвіду у сфері розроблення стартап-проектів
5	Специфічні вимоги до	Немає

	стандартизації та сертифікації	
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	85%

Таблиця 4.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ з/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Надійність	Обробні підприємства	Використання в реальних умовах в процесі технологічного підготовки виробництва	Доступність Можливість періодичного оновлення
2	Вартість	Машинобудівні підприємства	Використання у виробничому процесі	Достовірність інформації Простота у використанні Привабливий зовнішній вигляд

Після того, як визначимо коло потенційних груп клієнтів, проводимо аналіз ринкового середовища. Для цього складаємо таблиці факторів, які сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, які йому перешкоджають (таблиці 4.6 — 4.7). Фактори в таблиці надані в порядку зменшення значущості [21].

Таблиця 4.6 – Фактори загроз

№ з/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція
1	Недовіра	Недовіра до нового продукту на ринку	Вибір перевіреного товару конкурента Франчайзинг або лізинг у відомих фірм
2	Не досконалість	Виявлення недосконалості в продукті порівнянні продуктом конкурента	Ребрендинг продукту Усунення недоліків Заміна на новий продукт Впровадження інновацій
3	Підвищення конкуренції	Поява в асортименті конкурентів продукції кращими характеристиками	Патентування продукту Патентування продукту за кордоном Створення унікального дизайну Зменшення вартості продукту Подовження на 1 рік гарантії на продукт

Таблиця 4.7 – Фактори можливостей

№ з/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція
1	Розширення асортименту	Виготовлення лінійки або технологічного ряду видів продуктів	Розширення асортименту продуктів за рахунок розроблення та впровадження у виробництво інших програмних продуктів
2	Стандартизація	Впровадження міжнародних стандартів	Дослідження у реальних промислових умовах, обґрунтування доцільності використання та переваг

Проводимо аналіз пропозиції шляхом визначення загальних рис конкуренції на ринку [21] (таблиця 4.8).

Таблиця 4.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1. Тип конкуренції	Олігополістична	Зацікавлення новітнім оригінальним та якісним продуктом
2. Рівень конкурентної боротьби	Локальна	Вихід на міжнародний ринок
3. За галузевою ознакою	Внутрішньогалузева	Сертифікація якості продукту
4. Конкуренція за видами товарів	Товарно-видова	Патентування оригінальності (дизайну) продукту
5. За характером конкурентних переваг	Цінова	Справедливе співвідношення ціни – якість
6. За інтенсивністю	Марочна	Ребрендінг марки/бренда

Після аналізу конкуренції проводимо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (за моделлю 5 сил Майкла Юджина Портера, таблиця 4.9) [21].

За результатами аналізу таблиці 4.9 робимо висновок щодо принципової можливості роботи на ринку з огляду на конкурентну ситуацію. Після цього робимо висновок щодо характеристик (сильних сторін), які повинен мати проект для того, щоб мати конкурентоспроможність на ринку. Другий висновок враховується далі при формулюванні переліку факторів конкурентоспроможності [21].

Таблиця 4.9 – Аналіз конкуренції в галузі за Майклом Юджином Портером [21]

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	SCHUNK (GERMANY)	Бар'єри входу на ринок є порівняно незначними	Не існує чіткої залежності від постачальників	Клієнти мають широку географію	Товари-замінники відсутні
Висновки :	Інтенсивність конкурентної боротьби на світовому рівні боротьби підвищена	Даний продукт є перспективним та має можливість виходу на ринок, потенційних конкурентів мало	Виготовлення та ціна продукту не залежить від постачальників	Клієнти обирають з того, що мають та не висувають умов	Обмежень через то-вари-замінники немає

Таким чином, товари-аналоги або замітники продукту відсутні, конкуренція на міжнародному рівні наявна, Але продукт конкурентоспроможний, перспективний та має можливість виходу на ринок.

На основі аналізу конкуренції (таблиця 4.9), із урахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 4.2), вимог споживачів до товару

(таблиця 4.5) та факторів маркетингового середовища (таблиці 4.6 — 4.7) визначаємо та обґрунтовуємо перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз зводимо в таблицю 4.10.

Таблиця 4.10 - Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ з/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Недовіра новому	Існує недовіра до нового продукту на ринку
2	Недосконалість	Виявлення недосконалості в продукті порівняно з продуктом конкурента
3	Підвищення конкуренції	Поява в асортименті конкурентів аналогічної продукції
4	Розширення асортименту	Виготовлення інших продуктів
5	Стандартизація	Впровадження нових стандартів компонентів
6	Виконання підрядних робіт	Оновлення та модернізація продукту для компаній-виробників

За визначеними факторами конкурентоспроможності (таблиця 4.10) проводимо аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (таблиця 4.11).

Таблиця 4.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ з/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1 – 20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні						
			–3	–2	–1	0	+1	+2	+3
1	Недовіра новому	15							+
2	Недосконалість	13	+						
3	Підвищення конкуренції	15		+					

4	Розширення асортименту	17							+
5	Стандартизація	10				+			
6	Виконання підрядних робіт	19					+		

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (таблиця 4.12) на основі виділених ринкових загроз і можливостей та сильних і слабких сторін (таблиця 4.11) [21].

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення [21].

Наприклад: зниження доходів потенційних споживачів — фактор загрози, на основі якого можна зробити прогноз щодо посилення значущості цінового фактору при виборі товару та, відповідно, — цінової конкуренції (а це вже — ринкова загроза) [21].

Таблиця 4.12 – SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: підвищена надійність та якість роботи продукту; зменшення трудомісткості проектування.	Слабкі сторони: конкуренція на міжнародному рівні; малий досвід у порівнянні з конкурентами; малий обсяг напрацювань.
Можливості: розширення асортименту; зменшення ціни.	Загрози: недовіра новому.

На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок (аналіз потенційних конкурентів, таблиця 4.9). Визначені альтернативи аналізуються з точки зору термінів та ймовірності отримання ресурсів (таблиця 4.13) [21].

Таблиця 4.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ з/п	Альтернатива ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Терміни реалізації
1	Дороблення, усунення недоліків	+	від 1-го до 6-ти місяців
2	Оприлюднення та публікація результатів тестування	+	від 1-го до 2-х місяців
3	Заходи щодо захисту патентування за кордоном	+	від 3-х місяців до 1-го року
4	Популяризація та реклама	+	від 6-ти місяців до 1-го року

Першим кроком розроблення ринкової стратегії передбачає визначення стратегії охоплення ринку [21].

Для визначення стратегії охоплення ринку робимо опис цільових груп потенційних споживачів (таблиця 4.14).

Таблиця 4.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ з/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Професійна група	±	+	+	±
2	Напівпрофесійна група	+	+	+	+
3	Аматорська група	+	±	-	+
Які цільові групи обрано: Професійна група					

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідне формування базової стратегії розвитку (таблиця 4.15) [21].

Таблиця 4.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№ з/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
		Стратегія диференційованого маркетингу	Розширення лінійки виробів	Стратегія диференціації

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця 4.16) [21].

Таблиця 4.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект „першопрохідцем” на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
Так	Шукати нових споживачів	Буде, стандартизовані характеристики	Випереджувати лідера

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту (таблиця 4.5), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку та стратегії (таблиця 4.15) конкурентної поведінки (таблиця 4.16) розробляється стратегія позиціонування (таблиця 4.17), яка полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект [21].

Таблиця 4.17 – Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформулювати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
Якість, надійність, зручність у користуванні	Стратегія диференціації	Оригінальність, простота у користуванні, періодичне оновлення лінійки виробів	1) новизна виробу; 2) цінова політика; 3) якість продукту

Першим кроком розроблення маркетингової програми стартап-проекту є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для

цього у таблиці 4.18 підсумовуємо результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару. Після цього розробляємо трирівневу маркетингову модель товару: уточнюємо ідею продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (таблиця 4.19) [21].

Таблиця 4.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ з/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
1	Легкий доступ до інформації	Розширення аудиторії користувачів	Популярність серед користувачів
2	Можливість оброблення інформації	Розширення аудиторії користувачів	Популярність серед користувачів
3	Низька вартість	Розширення аудиторії користувачів	Популярність серед користувачів

Таблиця 4.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові	
I. Товар за задумом	Продукт являє собою базу даних, що містить основні технічні та вартісні характеристики ОТО	
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	
	Якість виготовлення	
	Якість: тестування	
	Пакування: оригінальний дизайн	
	Марка: назва організації-розробника	
III. Товар із підкріпленням	До продажу:	
	Після продажу: гарантійне обслуговування, періодичне оновлення	
За рахунок цього потенційний товар буде захищено від копіювання: реєстрація торгової марки, промислового зразка, корисної моделі, винаходу.		

Далі визначаємо цінові межі, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субституту, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (таблиця 4.20). Аналіз проводиться експертним методом [21].

Таблиця 4.20 – Визначення меж встановлення ціни

Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
Від 500\$	Від 500\$	100-300\$

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 4.21):

- проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту);
- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту;
- вибір та обґрунтування виду посередників [21].

Таблиця 4.21 – Формування системи збуту

№ з/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1		Збут власними силами	міжнародний	структурована
2	Збут через дилерів	Зберігання, оновлення,	міжнародний	структурована

		консультації		
--	--	--------------	--	--

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 4.22) [21].

Таблиця 4.22 – Концепція маркетингових комунікацій

№ з/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, які обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Пошук аналогів	Мережа Інтернет	База даних	Новизна	Якість, характеристики, ціна

На основі аналізу даного стартап-проекту видно, що він має усі перспективи стати успішним проектом. Значну роль в даному стартап-проекті відіграє фактор новизни на ринку, що може одразу привернути увагу потенційних покупців і знизити конкуренцію на початкових етапах. Головною небезпекою є незадовільнення вимог споживачів, які наважаться придбати новий продукт, це може звести нанівець усі зусилля, що були прикладені для створення продукту. Тому даний стартап-проект потребує дуже ретельного пророблення, неодноразових перевірок працездатності та тестувань у реальних промислових умовах. У випадку вдалого виходу на ринок можуть відкритися великі перспективи для розвитку стартап-проекту, наприклад, такі, як співпраця з відомими машинобудівними підприємствами.

ВИСНОВКИ

Вибір кількості затискних елементів затискного пристрою повинен визначатися похибками форми настановних поверхонь. Детальні дослідження пружних переміщень кілець призводять до висновку про те, що кулачкові патрони з радіальним закріпленням мають принципові недоліки, які повинні обмежувати застосування таких патронів при механічній обробці кілець.

В якості перспективних досліджень в даному напрямку слід відзначити вивчення технологічного забезпечення точності обробки інших типів тонкостінних деталей, що застосовуються в авіаційних двигунах. Наприклад, великий інтерес представляють питання, пов'язані з обробкою тонкостінних великогабаритних корпусів. Також перспективним напрямком може стати встановлення можливості застосування розроблених технологічних рішень при обробці деталей в інших галузях машинобудування.

У найближчі роки цифрові технології і застосування штучного інтелекту революціонізує процеси маніпулювання і затиску.

ЛІТЕРАТУРА

1. ISO 10579:2010. Technical drawings — Dimensioning and tolerancing — Non-rigid parts. <https://www.iso.org/ru/standard/18663.html>.
2. Фролов К.В. (гл. ред.) 2. Машиностроение. Том III-3. Технология изготовления деталей машин М.: Машиностроение, 2000.- 840 с.
3. Куклев Л.С., Тазетдинов М.М. Приспособления для обработки нежестких деталей высокой точности. М.: Машиностроение, 1978.-104с.
4. Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. Опір матеріалів: Підручник/ За ред. Г. С. Писаренка. – К.: Вища шк., 2004. – 655 с.
5. Теорія пружності. Частина 1 [Електронний ресурс] : підручник / А. Є. Бабенко, М. І. Бобир, С. Л. Бойко [та ін.]. – Електронні текстові данні (1 файл: 1,27 Мбайт). – Київ : Основа, 2009. – 244 с. – Назва з екрана.
6. Компьютерное моделирование объектов машиностроения [Текст] : учеб. пособие / Б. С. Воронцов, И. А. Бочарова ; Восточноукраинский национальный ун-т им. Владимира Даля. - Луганск : Издательство ВНУ им. В.Даля, 2004. - 140 с.: ил. - Библиогр.: с. 136. - **ISBN 966-590-457-4**
7. Твердотельное компьютерное моделирование в системе КОМПАС-3D V7 Plus [Текст] : учеб. пособие / Б. С. Воронцов, И. А. Бочарова ; Восточноукраинский национальный ун-т им. Владимира Даля. - Луганск : Издательство ВНУ им. В.Даля, 2006. - 156 с.: рис. - Библиогр.: с. 151-152. - **ISBN 966-590-555-4**
8. Кан, Лорд, Девіс. Вплив способу закріплення деталі у патроні на не круглість розточеного отвору // Праці американської спілки інженерів-механіків. -1976. -№1.-с.186-192.
9. Проектування оснащення верстатів, роботів і машин [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» спеціалізацією «Комп'ютерне проектування верстатів, роботів і машин» / НТУУ «КПІ ім. Ігоря

Сікорського»; уклад. В. П. Приходько, О. В. Литвин. – Електронні текстові дані (1 файл: 22,0 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 211 с. – Назва з екрана. – Доступ : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/22775>

10. Кузнецов Ю. Н., Волошин В. Н., Неделчева П. М., Эль-Дахаби Ф. В. Зажимные механизмы для высокоскоростной и прецизионной обработки резанием. В двух частях. под. ред. Ю. Н. Кузнецова, — К.: ООО «ЗМОК» — ООО «Гнозис». ч.1, 2009. — 270с.

11. Бояршинов С.В., Шатилов А.А., Кульшова З.Г. Деформация заготовок при закреплении в станочных приспособлениях и их влияние на точность механической обработки. – М.: Машиностроение, 1983.-43с.

12. Литвин О. Обґрунтування параметрів цангового патрона для закріплення штучних заготовок / О.Литвин, І.Ящук// *Технічні науки та технології*, 2018. – № 1 (11). – с.32-40

13. Литвин О. Щодо структурно - морфологічного синтезу затискних патронів токарних верстатів / О.Литвин, І.Ящук// *Міжвузівський збірник "Наукові нотатки" за напрямком „Інженерна механіка”, 2018, - вип.64. -с.97-105.*

13. Р.Г. Редько, О.В. Литвин, С.С. Раус. Инновационные методы исследований зажимных патронов станков/ «Гідро- та пневмоприводи машин – сучасні досягнення та застосування». Міжнародна науково-технічна інтернет-конференція, 27-29 грудня 2018р.: збірник тез доповідей. – Вінниця : ВНТУ, 2019. -с. 167-168.

14. Литвин О. Приведення жорсткості системи патрон –деталь токарного верстата/ О.Литвин, І.Ящук, С.С.Раус // *Міжвузівський збірник "Наукові нотатки" за напрямком „Інженерна механіка”, 2018, - вип.61. -с.99-105.*

14.Литвин О. Аналіз передумов застосування нейронних мереж при синтезі конструкцій в машинобудуванні/ О.Литвин, І.Ящук, С.Б.Паньков // *Міжвузівський збірник "Наукові нотатки" за напрямком „Інженерна механіка”, 2018, - вип.61. -с.92-99.*

15. Walid Ibrahim Alnusirat, Litvin Oleksandr, Ibrahim Farhan Alrefo, Kravez Oleksandr. Tool for researching the dynamic system of metal-cutting machine/ World science № 9(37). September 2018, p. 5-9. DOI: 10.31435/rsglobal_ws.
16. Antoni, H.: Einfluss des Futters auf die Verspannung verformungsempfindlicher Werkstücke. Werkstatt und Betrieb 109 (1976) 12, S. 699-701.
17. Blättry, H.: Spannzeuge für Drehmaschinen. Werkstatt und Betrieb 106 (1973) 2, S. 89-92.
18. Werner H. Spanen ohne zu verspannung // Feinerkstechn. – Messtechn. – 1982. – 90. - №3. – s.113-114.
19. STEINBERGER, J.: Einfluss des Spannzeugs auf die Wirtschaftlichkeit beim NC-Drehen. In: Werkstatt und Betrieb 116 (1983), Nr. 2, S. 97-101
20. Pingfa Feng. Berechnungsmodell zur Ermittlung von Spannkraften bei Backenfuttern. Technische Universität Berlin. -Berlin 2003. 228 с.
21. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс]: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей/ За заг. ред. О.А. Гавриша. — Київ : НТУУ «КПІ», 2016. — 28 с.
22. https://schunk.com/ru_ru/domasnaa-stranica/.